



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Seleone Carlos de Moura Júnior

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO
DE CALCÁRIO NA MINA CORGÃO EM BANDEIRANTES DO
TOCANTINS

Palmas - TO

2013

Seleone Carlos de Moura Júnior

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE
CALCÁRIO NA MINA CORGÃO EM BANDEIRANTES DO TOCANTINS

Projeto de pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de bacharel em Engenharia de Minas pelo Centro Acadêmico Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Ph.D. Erwin Tochtrop.

Palmas - TO

2013

Seleone Carlos de Moura Júnior

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO
DE CALCÁRIO NA MINA CORGÃO EM BANDEIRANTES DO
TOCANTINS

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia de Minas, orientado pelo Professor Ph.D. Erwin Tochtrop.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D. Erwin Tochtrop
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Rodrigo Meireles Mattos Rodrigues
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Esp. José Cleuton Batista
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO

2013

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Seleone Carlos de Moura e Lindinalva Silva dos Santos por todo o incentivo e apoio que me deram.

*“Os rios percorrem, às vezes chegam a seu ponto mínimo de vazão,
mas seu fim é o mesmo, chegar ao mar”*

MOURA JÚNIOR, S. C.

RESUMO

SELEONE CARLOS DE MOURA JÚNIOR. Trabalho de Conclusão de Curso. 2013. **Avaliação da Eficiência no Processo de Beneficiamento da Mina Corgão.** Curso de Engenharia de Minas. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO.

O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo apresentar o resultado da avaliação da eficiência no processo de beneficiamento de calcário na mina Corgão em Bandeirantes do Tocantins, sendo que tal empreendimento é de significativa participação no mercado atual de calcário no estado do Tocantins. Foram feitas coletas e análises de amostras que possibilitaram determinar a qualidade do produto. Devido os parâmetros obtidos na planta de beneficiamento foi possível determinar a eficiência e perdas decorrentes do processo de beneficiamento. Com a pesquisa pôde-se concluir que apesar do produto atingir a qualidade exigida pela empresa, temos uma perda considerável de material no processo de beneficiamento do empreendimento.

Palavras – Chave: Mina Corgão. Eficiência. Processo de Beneficiamento. Perdas.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Eficiência e Perdas21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta de Beneficiamento da Mina Corgão.....	16
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos estágios de britagem	5
Tabela 2 - Alimentação	17
Tabela 3 - Amostras Coletadas	17
Tabela 4 - Análise Química	18
Tabela 5 - Vazão dos Moinhos	19
Tabela 6 - Eficiência e Perdas	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Fragmentação	3
2.1.1 <i>Teoria da Cominuição</i>	3
2.2 Britagem	5
2.2.1 <i>Britagem Primária</i>	5
2.2.2 <i>Britagem Secundária</i>	6
2.2.3 <i>Britagem Terciária e Quaternária</i>	6
2.3 Peneiramento	7
2.3.1 <i>Peneiras Vibratórias</i>	7
2.3.2 <i>Eficiência do Peneiramento</i>	8
2.4 Moagem	8
2.4.1 <i>Moinho de Martelos</i>	9
2.5 Amostragem	10
2.5.1 <i>Seleção da amostra</i>	11
2.5.2 <i>Tamanho da Amostra</i>	11
2.5.3 <i>Amostragem em Correia Transportadora</i>	11
2.5.4 <i>Amostragem na seção longitudinal da correia transportadora</i>	12
2.5.5 <i>Quarteamento</i>	12
2.5.6 <i>Análise Granulométrica</i>	12
2.6 Considerações Técnicas Sobre Calagem	13
3 METODOLOGIA	14
3.1 <i>Coleta e Tratamento de Dados</i>	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
4.1 <i>Determinação da velocidade da correia</i>	16
4.2 <i>Alimentação</i>	17
4.3 <i>Coleta das amostras</i>	17
4.4 <i>Análise Química das Amostras</i>	18
4.5 <i>Vazão dos Moinhos</i>	19
4.6 <i>Eficiência e Perdas</i>	20
5 CONCLUSÃO	22
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1 INTRODUÇÃO

O processo de cominuição é definido como uma operação, ou um conjunto de operações, que se caracteriza pela redução granulométrica das rochas, sem contudo alterar a identidade química ou física. Esta etapa se inicia desde o desmonte de rocha por explosivos, e prossegue se até a obtenção da granulometria adequada para a concentração ou mesmo para a obtenção do produto final. A energia mecânica é frequentemente aplicada e aparece sob forma de mecanismos como compressão, impacto e abrasão. (LUZ *et al* 2010).

A fragmentação é de extrema importância, pois se trata de etapas que consomem maior quantidade de energia e manutenção, contudo percebe-se que grande parte do custo operacional de uma usina de tratamento de minérios se deve a fragmentação. (LUZ *et al* 2010).

Portanto, para que um empreendimento possa reduzir consideravelmente seu custo operacional, se deve, em primeiro lugar avaliar e analisar, o processo de fragmentação, pois este garantirá uma maior eficiência da planta. (LUZ *et al* 2010).

A avaliação das perdas de um empreendimento pode trazer melhores adequações a planta de beneficiamento, melhor aproveitamento do minério, além de melhorar produtividade dos equipamentos. (TOCHTROP 2012)

A mina CORGÃO empreendida pela CALTINS está localizada no Município de Bandeirantes do Tocantins, distante 32 km da mesma. A empresa controladora da mina nasce no final da década de 90, no município de Bandeirantes do Tocantins (TO), quando os sócios do Grupo J. Demito prospectaram uma ocorrência de calcário dolomítico na região. Após comprovação das qualidades químicas e físicas do minério da jazida “reserva”, se faz a empresa e passaram a atender um novo grupo de clientes. (CALTINS, 2013)

A CALTINS tem capacidade instalada de 1,4 milhão de toneladas por ano e gera cerca de cem empregos diretos, além de contribuir no desenvolvimento econômico da região, sempre em conformidade com as legislações ambientais. (CALTINS, 2013)

O foco inicial era somente o mercado interno do Tocantins, mas por suas características químicas desejáveis acima de 90% de PRNT, MgO 18% e CaO 30%, atingiu também o sul do Maranhão (considerada região polo agrícola), o sul do Piauí,

o sul do Pará e Mato Grosso. A empresa ganhou a credibilidade dos clientes, que obtiveram ganhos na produtividade. Como modelo de padrão de trabalho, garantimos teores mínimos de PRNT de (88%), agronomicamente recomendamos aos nossos clientes que trabalhem com calagem regulada para 90% de PRNT. (CALTINS, 2013).

O trabalho em tese tem por objetivo avaliar o grau de moagem como também as perdas nos processos de fragmentação realizados na mina Corgão. Durante o período de estágio realizado em Bandeirantes do Tocantins na empresa CALTINS, pôde se perceber grandes perdas nos processos de beneficiamento que ocorrem na mina Corgão. Devido ao rápido crescimento de demanda pelo calcário para corretivo de solo, as instalações e a planta de beneficiamento não foram planejadas para suprir as necessidades de produção requeridas nos dias de hoje. Como tais fatores influenciaram em maior produção, os técnicos da empresa adicionaram linhas de beneficiamento em paralelo, com a britagem primaria, alavancando a produção da planta, gerando alto custo operacional e tendo perdas no processo de beneficiamento. Visando diminuir as perdas minerais e os gastos operacionais provindos do processo de beneficiamento, e de grande importância o estudo em tese.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fragmentação

Segundo Luz *et al* (2010) a operação de fragmentação, no campo de beneficiamento de minérios, agrupa um conjunto de técnicas que tem por finalidade reduzir, por ação mecânica externa e algumas vezes interna, um sólido, de determinado tamanho em fragmentos de tamanho menor.

A fragmentação de um material heterogêneo, que constitui geralmente uma rocha, visa liberar os minerais valiosos dos minerais de ganga, ou no caso de um mineral homogêneo, reduzir até à dimensão requerida pela utilização. (LUZ *et al* 2010).

A operação de fragmentação compreende diversos estágios que se aplicam ao minério, desde a mina, até sua adequação ao processo industrial subsequente. (LUZ *et al* 2010).

Na etapa de lavra, o desmonte do minério ou rocha, com o auxílio de explosivo pode ser visto como um primeiro estágio de fragmentação, onde são produzidos blocos volumosos, mas de um tamanho que permite alimentar os equipamentos de britagem. A britagem é a operação que fragmenta os blocos obtidos na lavra, mas como existe uma série de tipos de equipamentos, esta operação deve ser repetida diversas vezes, mudando-se o equipamento, até se obter um material adequado à alimentação da moagem. (LUZ *et al* 2010).

A moagem é a operação de fragmentação fina obtendo-se nesta um produto adequado à concentração ou a qualquer outro processo industrial (pelotização, calcinação, lixiviação, combustão etc). (LUZ *et al* 2010).

De acordo com Luz *et al* (2010) A importância da operação de fragmentação pode ser percebida em toda a sua magnitude, se for destacado o fato que a maior parte da energia gasta no processamento de minérios é absorvida pela fragmentação. Grande parte dos custos operacionais de uma usina de tratamento de minérios se deve à fragmentação.

2.1.1 Teoria da Cominuição

A teoria mais antiga é atribuída a Rittinger (1867) na qual a energia consumida na redução do tamanho é proporcional à área da nova superfície produzida.

A chamada lei de Rittinger é descrita abaixo:

$$E = K \left(\frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_f} \right)$$

Onde:

E = energia aplicada

T_i = tamanho inicial

T_f = tamanho final

K = constante

Kink (1985), propôs uma segunda teoria cujo enunciado diz que o trabalho necessário à fragmentação é proporcional à redução em volume das partículas. De acordo com essa teoria, a energia requerida à cominuição é proporcional a $\log R/\log 2$, onde R é a razão de redução. (LUZ *et al* 2010).

Mais recentemente Bond (1952), propôs uma nova equação, a qual se faz baseada na teoria de Rittinger (1867). De acordo com Bond (1952) o trabalho aplicado é proporcional ao comprimento das fissuras iniciais que se desenvolvem no faturamento, definindo a seguinte expressão:

$$E = 10W_i \left[\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right]$$

Onde:

E = energia aplicada

W_i = energia necessária à fragmentação desde um tamanho infinito até 80% passante em 100 μ m

F = abertura em malha quadrada que deixa passar 80% da alimentação

P = abertura em malha quadrada que deixa passar 80% do produto

Conforme dito por Valadão (2007), o valor de W_i , é determinado em laboratório com procedimento padronizado, e está relacionado com a maior ou menor facilidade que o material possui ao se fragmentar.

Hukki (1961), verificou que cada uma dessas equações propostas tem sua aplicação em certas faixas granulométricas. Como citado pelo autor, a equação de Bond (1952) é melhor aplicada nos intervalos granulométricos de moagem.

2.2 Britagem

Para Luz *et al* (2010) a britagem é definida como conjunto de operações que objetiva a fragmentação de blocos de minérios vindos da mina, levando-os a granulometria compatíveis para utilização direta ou para posterior processamento.

A britagem é um estágio no processamento de minérios, que utiliza, em sucessivas etapas, equipamentos apropriados para a redução de tamanhos convenientes, ou para a liberação de minerais valiosos de sua ganga. É aplicada a fragmentos de distintos tamanhos, desde rochas de 1000 mm até 10 mm. (LUZ *et al* 2010).

Não existe um circuito padrão para britar os diferentes tipos de minério. Geralmente a operação de britagem é feita dentro dos estágios convenientes. Convencionalmente, para haver se ter uma liberação satisfatória do mineral valioso, é necessário que o minério seja reduzido a uma granulometria fina. Nestas condições, a fragmentação desenvolve-se por meio de três estágios, isto é, grossa, intermediária e fina ou moagem. Nos dois primeiros estágios, a fragmentação é realizada em britadores e no último estágio, em moinhos. Não há rigidez quanto aos estágios de britagem, porém, normalmente se usa a classificação mostrada na Tabela 1. (LUZ *et al* 2010).

Tabela 1 - Classificação dos estágios de britagem

Estagio de britagem	Tamanho máximo de alimentação (mm)	Tamanho Máximo de Produção (mm)
Britagem Primaria	1000	100
Britagem Secundaria	100	10
Britagem Terciaria	10	1
Britagem Quaternária	5	0,8

Fonte: Luz *et al* (2010)

2.2.1 Britagem Primária

Os britadores empregados são os de grande porte e sempre operam em circuito aberto e sem o descarte (escalpe) da fração fina contida na alimentação. A britagem

primária é realizada a seco e tem uma razão de redução em torno de 8:1. (LUZ *et al* 2010).

Segundo Luz *et al* (2010) para este estágio são utilizados os seguintes tipos de britadores:

- Britador de mandíbulas;
- Britador giratório;
- Britador de impacto;
- Britador de rolos dentado;

2.2.2 Britagem Secundária

De acordo com Luz *et al* (2010) entende-se por britagem secundária, de forma geral, todas as gerações de britagem subsequentes à primária. Tem como objetivo, na maioria dos casos, a redução granulométrica do material para a moagem. É comum na britagem secundária, o descarte prévio da fração fina na alimentação, com a finalidade de aumentar a capacidade de produção. Esta operação é chamada “escalpe”.

Segundo Luz *et al* (2010) os equipamentos normalmente utilizados são:

- Britador giratório secundário;
- Britador de mandíbulas secundário;
- Britador cônico;
- Britador de martelos;
- Britador de rolos.

Os britadores giratórios, mandíbulas e martelos são semelhantes àqueles empregados na britagem primária, apenas tendo dimensões menores. (LUZ *et al* 2010).

2.2.3 Britagem Terciária e Quaternária

Em geral, a britagem terciária é o último estágio de britagem, no entanto, existem usinas com mais de três estágios, cujo fato está ligado às características de fragmentação do material, ou à granulometria do produto final. Os equipamentos em geral utilizados são os britadores cônicos, cuja granulometria máxima do produto obtido está compreendida na faixa de 25 a 3 mm, com uma razão de redução de 4:1

ou 6:1. Estes equipamentos exigem um maior controle de operação, geralmente trabalhando em circuito fechado. (LUZ *et al* 2010).

2.3 Peneiramento

De acordo com Chaves *et al* (2012), o peneiramento é a operação de separação de uma população de partículas em duas frações de tamanhos diferentes, mediante a sua apresentação a um gabarito de abertura fixa e pré-determinada. Cada partícula tem apenas as possibilidades de passar ou ficar retida. Os dois produtos são chamados de “oversize” ou retido e “undersize” ou passante.

Os gabaritos podem ser grelhas de barras paralelas, telas de malhas quadradas, telas de malhas retangulares, telas de malhas alongadas, telas de malhas fios paralelos, chapas perfuradas e placas fundidas. (CHAVES *et al*, 2012).

A faixa de tamanhos submetidos ao peneiramento vai desde maticões de 18 polegadas (0,46 m) a o talco (130 μ m). Os equipamentos capazes de fazer esse serviço são muitos e variados. Podendo ser divididos genericamente em peneiras fixas, peneiras vibratórias inclinadas, peneiras vibratórias horizontal, grelhas e peneiras rotativas. (CHAVES *et al*, 2012).

O peneiramento é dito “a seco” quando é feito com material em sua umidade natural (que não pode entretanto ser muito elevada) e dito “a úmido” ou “via úmida” quando o material é alimentado na forma de uma polpa ou recebe água adicional através de sprays convenientemente dispostos sobre os decks de peneiramento. (CHAVES *et al*, 2012).

As peneiras mais utilizadas são as peneiras vibratórias, no entanto existem uma variedades de peneiras e grelhas, tais como Peneiras DSM, Peneiras Rotativas entre outras. (CHAVES *et al*, 2012).

2.3.1 Peneiras Vibratórias

De acordo com Valadão *et al* (2007) as peneiras vibratórias são classificadas em três tipos: horizontais, inclinadas e de alta frequência. As peneiras vibratórias horizontais é um sistema de vibração que atua numa direção paralela ao fluxo, de tal maneira a realizar o transporte do material numa razão entre 12 e 18 m/min.

Luz *et al* (2010) caracteriza os movimentos das peneiras vibratórias por impulsos rápidos, normais a superfície, de pequena amplitude e de alta frequência, sendo produzidos por mecanismos mecânicos ou elétricos.

2.3.2 Eficiência do Peneiramento

Luz *et al* (2010) determinam que a eficiência do peneiramento é definida como a relação entre a quantidade de partículas mais finas que a abertura da tela de peneiramento e que passam por ela e a quantidade delas presente na alimentação. Desta forma temos:

$$E = \frac{P}{aA} \times 100$$

Onde:

E = eficiência

P = passante

A = alimentação

a = porcentagem de material menor que a malha de alimentação

A eficiência do peneiramento situa se entre 80 e 90%, atingindo em alguns casos 95%. As partículas com diâmetros (d) superiores a uma vez e meia a abertura da tela (a) não influenciam no resultado do peneiramento, bem como aqueles inferiores à metade (05) da abertura da tela. As partículas compreendidas entre esta faixa e que constituem a classe crítica de peneiramento e influem fortemente na eficiência e na capacidade das peneiras. (LUZ *et al* 2010).

2.4 Moagem

De acordo com Valadão *et al* (2007) a moagem é o último estágio da fragmentação. Opera normalmente na faixa do centímetro ao micrômetro. Diversos tipos de equipamentos têm sido desenvolvidos, contudo, os moinhos de meios revolventes, são ainda equipamentos mais utilizados atualmente. Esses moinhos constituem se de cilindros rotativos onde a fragmentação dos materiais é realizada em seu interior pela ação dos chamados corpos moedores. Esses corpos podem ser barras cilíndricas, bolas, martelos, ou ainda fragmentos do próprio minério. Dessa forma, o moinho tem cerca de 50% de seu volume interno ocupado por corpos

moedores e por material a ser fragmentado. A fragmentação se dá através da movimentação da carga, isto é, barras e bolas, por exemplo, tendem a girar em contato umas com as outras, prendendo as partículas do material. Além disso a carga e arrastada no sentido do movimento circular é alçada a uma altura que será maior ou menor, dependendo da rotação do moinho.

Segundo Chaves *et al* (2012) a moagem compreende as operações de cominuição na faixa de tamanhos abaixo de $\frac{3}{4}$ " e é efetuada pelos mecanismos de arredondamento das partículas, quebra de pontas e abrasão.

São portanto, as faixas de tamanhos em que se trabalha e, principalmente, os mecanismos de redução de tamanhos, que distinguem as operações de moagem e de britagem. Esta última trabalha com granulometrias mais grosseiras e a redução de tamanhos ocorre por compressão ou por impacto. (CHAVES *et al*, 2012).

De acordo com Chaves (2012) na faixa de tamanhos que vai de $\frac{1}{2}$ " a 20#, superpõem se a britagem quaternária, feita através de britadores do tipo *intergranular crushing*, e a moagem grossa, feita em moinhos de barras. A distinção entre os mecanismos de redução torna se, nesse caso, o único critério distintivo.

Segundo Luz *et al* (2010) os objetivos da moagem, no Tratamento de Minérios, são os seguintes:

- Liberação das espécies minerais com vistas às operações de concentração subsequente;
- Adequação de produtos às especificações granulométricas industriais;
- Transporte em minerodutos;
- Adequação ao uso subsequente;
- Aumento da área de superfície para facilitar reação química em processos hidrometalúrgicos.

2.4.1 Moinho de Martelos

Os moinhos de martelos consiste de um eixo girando em alta rotação e no qual ficam presos, de forma articulada, vários blocos ou martelos. O material é alimentado pela parte superior e as partículas sofrem o impacto dos martelos que são projetados contra superfície interna da câmara, fragmentando se, para depois serem forçadas a

passar pela tela inferior a qual vai bitolar a granulometria da descarga. (CHAVES *et al*, 2012).

Estes moinhos possuem sua faixa de aplicação para materiais específicos como calcários e carvões, devido a tais materiais possuírem menos abrasividade. (Chaves *et al*, 2012).

2.5 Amostragem

Segundo Sampaio *et al* (2007), a amostragem é o conjunto de operações destinadas à obtenção de uma amostra representativa de uma dada população ou universo. Uma amostra é representativa quando as propriedades do universo (tais como, teor dos elementos, constituintes mineralógicos, massa específica, distribuição granulométrica e etc.), estimadas com base nas amostras, inserem uma variabilidade estatisticamente aceitável. Para garantir a qualidade da avaliação, o procedimento de amostragem deve ser acurado e preciso, garantindo a representatividade. A acuracidade pode ser entendida como sendo a minimização do erro sistemático da amostragem.

Sampaio *et al* (2007) também descrevem que a amostragem é usualmente realizada em quatro etapas.

Elaboração do plano de amostragem: fundamentado na determinação da qualidade necessária para a amostragem, participando das definições do universo, do objetivo e sequência de operações utilizadas. O sistema de amostragem a ser utilizado depende de diversos fatores, dentre os quais podem ser destacados o tamanho das partículas, a massa específica, a umidade, etc. (SAMPAIO, 2007).

Obtenção da amostra: é a determinação da sequência e do número de coletas das amostras, depende do tipo e da precisão requerida para a amostragem, das características dos fluxos, e etc. (SAMPAIO, 2007).

Preparação da amostra: é determinada pelo conjunto de operações necessárias à adequação da amostra ao método que demonstram o parâmetro de qualidade. Dentre tais atividades, podem ser ressaltadas a secagem, a redução de tamanho, a homogeneização, o quarteamento, etc. (SAMPAIO, 2007).

Determinação do parâmetro de qualidade: é determinada pela inserção de parâmetros que irão definir a qualidade do universo amostrado. Dentre estes podem ser citados os teores de diversos elementos, umidade e etc. (SAMPAIO, 2007).

2.5.1 Seleção da amostra

Sampaio *et al* (2007), relatam que um sistema ideal requer uma análise individual de partículas coletadas aleatoriamente, de forma que todas as partículas coletadas aleatoriamente. Entretanto, esse tipo de amostragem torna-se, na maioria das vezes, impraticável devido às dificuldades inerentes a esse processo. Os métodos de partilhas sucessivas, utilizados no quarteamento por meio de quarteadores Jones ou cone, buscam aproximação ao sistema de amostragem. A coleta manual de amostras é viável para sistemas quase totalmente homogêneos.

2.5.2 Tamanho da Amostra

De acordo com Ladeira *et al* (1987) para determinar o tamanho da amostra teórica, é necessário estabelecer previamente o nível de confiança e o grau de precisão. Depois de amostrada o grau de precisão dependerá da amostra e do nível de confiança pretendido, para a generalização e do erro padrão das estatísticas amostrais.

2.5.3 Amostragem em Correia Transportadora

Esta amostragem pode ser realizada manualmente ou automaticamente. Para coleta manual de incrementos de material, coleta-se ao final da correia através de um amostrador ou mesmo calha. (TOCHTROP, 2012).

Geralmente a quantidade de amostra retirada nas correias transportadoras é elevada. Essas amostras são indispensáveis nas definições das taxas de alimentação ou produção, na determinação granulométrica, da densidade e do teor de elementos constituintes do minério, dentre outras. (TOCHTROP, 2012).

2.5.4 Amostragem na seção longitudinal da correia transportadora

Após a parada da correia transportadora, pode se retirar uma amostra bem determinada sobre a correia com um dispositivo de amarração desenvolvido para amostragem. Esse dispositivo é constituído de placas que são colocadas sobre o material e pressionadas para baixo, até que suas extremidades toquem a correia. O material fora da armação e afastado e o que está entre as placas é coletado, formando a amostra. (TOCHTROP, 2012).

2.5.5 Quarteamento

Para se obter a amostra final, é necessário dividir a amostra primária em alíquotas de menor massa. Essa operação é denominada de Quarteamento. Tal procedimento pode ser feito manualmente ou com auxílio de quarteadores cônico e Jones. (LUZ *et al* 2010).

2.5.6 Análise Granulométrica

Após a coleta do material e por sua passagem pelos processos de amostragem como também de quarteamento e pilhas de homogeneização parte se para os procedimentos de análise granulométrica. (LUZ *et al* 2010).

Nos ensaios granulométricos, devem ser considerados o peso da amostra utilizada, o tempo e a precisão do ensaio além de determinar a forma em que o ensaio será conduzido. Antes de iniciar qualquer peneiramento, o bom operador deve conferir o estado da peneira, bem como dos demais equipamentos a serem usados. Os quais devem estar em bom estado de uso, para não comprometer os resultados do ensaio. (LUZ *et al* 2010).

Depois da pesagem inicia se o peneiramento ordenados pela série de Tyler. Ao final do peneiramento pesa se todos os retidos nas peneiras, seguindo se para elaboração da curva granulométrica. A curva granulométrica deve obter a abertura das peneiras, com seus respectivos retidos e pesos, destes devem ser calculados os acumulados e passantes. Determinado os valores elabora se a representação gráfica a qual deve conter um gráfico entre passante x retido. (LUZ *et al* 2010).

2.6 Considerações Técnicas Sobre Calagem

Segundo Sá *et al.* (1985) os solos são considerados ácidos quando possuem uma concentração de íons H^+ elevada, que medida em termos de pH, numa escala de 0-14, situa-se abaixo de valor 7. Desta forma em termos práticos considera-se um solo com pH até 5 de acidez elevada, com pH entre 5 e 6 de acidez média, e com pH entre 6 e 7 de acidez fraca. O pH igual a 7 traduz solo neutro. Acima deste valor de pH o solo é então alcalino. Esta acidez medida é a acidez ativa do solo e que pode ser facilmente neutralizada pelo calcário desde que sejam utilizadas as quantidades adequadas. Por outro lado a acidez ativa é parte da acidez potencial do solo. A acidez potencial é o resultado da ação de um conjunto de substâncias que podem liberar H^+ para solução do solo, sendo as principais o alumínio Al^{3+} e a matéria orgânica. Quanto maior a incidência destas substâncias nos solos, maior será a capacidade destes solos de resistirem à mudança de pH. Como a acidez potencial é a causa da acidez ativa, ela necessita ser reduzida e é através dela que se estabelece a quantidade de calcário necessário ao solo, para correção de pH.

De acordo com Sá *et al.* (1985) para a avaliação da qualidade do calcário os seguintes aspectos devem ser levados em consideração:

a. Poder de Neutralização (PN): medida química de reatividade do material, ou seja da quantidade de carbonatos presentes que podem reagir com ácidos do solo. O poder de neutralização (PN) é tanto maior quanto menor o grau de impurezas do calcário. O PN é efetuado com base no equivalente em $CaCO_3$. (SÁ *et al.* 1985).

b. Tamanho da partícula: quanto menor for a partícula de calcário, maior será a superfície específica e portanto mais rápida será a sua reação com ácidos. A utilização de calcário grosseiramente moído diminui e muito a eficiência da calagem. (SÁ *et al.* 1985).

c. Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT): este índice mede a eficiência total do corretivo, é determinado com base no poder de Neutralização (PN) e na distribuição granulométrica do material moído. Este valor que fornece a verdadeira ação do calcário sobre a acidez do solo é calculado pela seguinte fórmula. $P = (PN * ER) / 100$. (SÁ *et al.* 1985).

d. Conteúdo do Magnésio: do ponto de vista da nutrição das plantas, um calcário que contenha magnésio é o mais interessante a ser usado na calagem (calcário Dolomítico). (SÁ *et al.* 1985).

3 METODOLOGIA

O trabalho consiste de uma pesquisa aplicada de natureza quali-quantitativa. Para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas pesquisas bibliográficas, em livros, e sítios relacionados a beneficiamento de rochas calcíticas como também a coleta de dados in situ. Os dados obtidos em campo serão utilizados para elaboração de planilhas eletrônicas afim de determinar balanços de massas, curvas granulométricas, vazões nos circuitos, e criar melhores patamares de produção.

3.1 Coleta e Tratamento de Dados

Para à determinação das perdas decorrentes dos processos de beneficiamento se fez necessária uma coleta de dados em campo, a qual obteve resultados para elaboração das análises granulométrica e vazões do circuito. Para execução das planilhas se deve obter os seguintes parâmetros:

1. Velocidade da correia:

- a. Mediu o comprimento da correia com fita métrica
- b. Marcou se a correia com um ponto (através de pincel) e cronometrou o tempo até a volta do ponto a origem.
- c. calculou os valores obtidos através da fórmula abaixo.

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta T}$$

Onde:

Vm = Velocidade media

ΔS = Comprimento

ΔT = Tempo

Fonte: LOPES (2002)

2. **Material para análise:** coletou se e pesou um total de 39 amostras as quais ocupavam 1 metro na seção longitudinal da correia. Para a coleta do material na correia foi utilizado uma Pá e uma Vassoura, afim de se coletar o máximo, e não haver perdas.

- 3. Preparação das amostras:** para preparação das 39 amostras foi necessário quarteir individualmente todo material obtido da coleta, gerando assim 39 novas amostras com o peso de 1kg cada, estas foram encaminhadas ao laboratório para a determinação do PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total). Esta etapa foi realizada na vazão dos moinhos, Para verificar se os moinhos estão atingindo a granulometria adequada, como também se o material obtido possui as especificações requeridas pelo empreendimento.
- 4. Alimentação:** obtida através da pesagem dos caminhões no período de um dia.
- 5. Perdas e Eficiências:** determinadas através dos dados obtidos juntamente a equação abaixo.

- a. Para cálculo de vazão do moinhos

$$\frac{Kg}{m} \times \frac{m}{h} = \frac{Kg}{h}$$

Fonte: TOCHTROP.(2012)

- b. Para cálculo de Perdas

$$Perda = \left(\frac{Alimentação - Vazão dos Moinhos}{Alimentação} \right) \times 100$$

Logo:

$$A \text{ eficiência} = 100 - \text{Perdas}$$

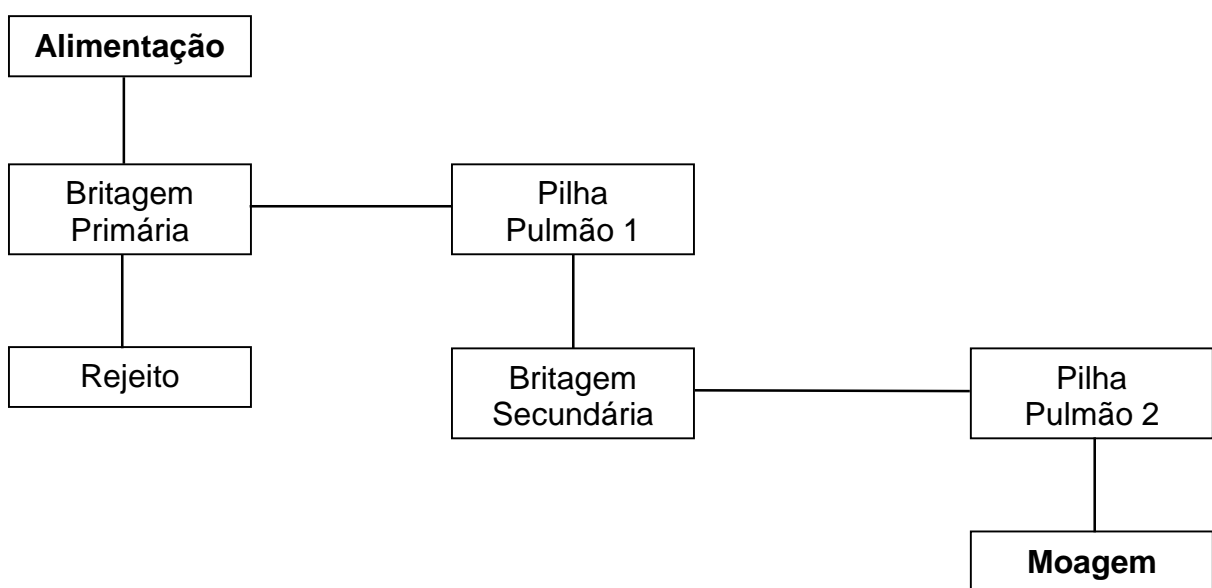
Fonte: TOCHTROP.(2012)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos procedimentos citados abaixo foram realizados no dia 20 de setembro de 2013.

Para se obter a eficiência da planta de beneficiamento (figura abaixo) entre a alimentação e moagem foi necessária a determinação da velocidade da correia como também a análise de amostras, com estes parâmetros obtivi os seguintes resultados.

Figura 1 - Planta de Beneficiamento da Mina Corgão



Fonte: CALTINS, (2013)

4.1 Determinação da velocidade da correia

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta T}$$

Onde:

Comprimento da correia= 82 m x 2 = **164m**

Multiplica se por 2 devido ao movimento ser de ida e vinda.

Tempo de retorno do ponto a origem= **136s**

$$Vm = \frac{164}{136}$$

Através dos cálculos obtivemos a velocidade de **1,2 m/s** ou **4320 m/h**.

4.2 Alimentação

Para obtenção da alimentação diária acompanhei a pesagem de um caminhão a cada rodizio. A jornada avaliada foi desde a manhã até a tarde em um espaço de tempo de 8 horas. Não se pesou todos os caminhões devido ao grande tempo que seria perdido.

Tabela 2 - Alimentação

Viagem	Nº de Caminhões	Peso (kg)	Peso Médio Total (kg)
01	5	27470	137350
02	5	26960	134800
03	5	26540	132700
04	5	27500	137500
05	5	26580	132900
06	4	27380	109520
Total			784770

Fonte: TOCHTROP, (2012)

De acordo com a pesagem dos caminhões obtivemos durante o dia de coleta das amostras uma média de alimentação de **98096,25 kg/h**.

4.3 Coleta das amostras

Coletei um total de 39 amostras, onde cada uma dessas amostras ocupavam um metro na seção longitudinal da correia transportadora, sendo assim obtive os seguintes resultados.

Tabela 3 - Amostras Coletadas

Amostra	Peso kg/m	Amostra	Peso kg/m
1	13,29	21	14,58
2	13,47	22	14,13
3	14,56	23	13,99
4	14,78	24	14,10
5	14,11	25	13,85
6	15,10	26	13,60
7	13,56	27	13,56
8	13,66	28	13,77
9	15,28	29	13,90
10	14,62	30	13,78
11	13,57	31	13,95
12	13,69	32	14,20
13	13,99	33	14,54
14	14,10	34	14,35
15	14,35	35	14,60
16	14,45	36	14,85
17	15,00	37	14,90
18	14,89	38	15,25
19	14,76	39	15,40
20	14,80		

Fonte: TOCHTROP, (2012)

4.4 Análise Química das Amostras

Tabela 4 - Análise Química

Amostra	Porcentagem de material Retido				PRNT
	10#	20#	50#	< 50 #	
1	0	1,8	13,5	84,7	93,16
2	0	1,2	11,2	87,6	92,67
3	0	1,2	10,8	88	93,58
4	0,2	2,8	13,5	83,5	88,01
5	0	0,6	5,8	93,6	96,23
6	0	1,2	7,8	91	97,07
7	0,2	1,4	10,3	88,1	93,43
8	0	1,4	9,6	89	93,60
9	0	1	8,7	90,3	94,20
10	0	2	11	87	94,00
11	0	19,4	9,1	71,5	88,36
12	0	1,8	10,9	87,3	93,65
13	0	2,2	11,6	86,2	95,04
14	0	2	13	85	94,57
15	0	1,5	10,5	88	93,75
16	0	1,2	9,2	89,6	94,22
17	0	1,6	11,6	86,8	93,14
18	0	1,8	9,4	88,8	92,71
19	0	2	10,8	87,2	94,68
20	0	3,2	13,2	83,6	94,08
21	0	1,6	12,6	85,8	92,16
22	0,4	3,2	15	81,4	89,00
23	0,1	2,1	15,6	82,2	91,04
24	0	3,6	15,2	81,2	88,67
25	0,1	3,6	15,8	80,5	89,73
26	0	3	14,4	82,6	87,25
27	0	4	16	80	91,80
28	0	3,2	18,6	78,2	90,74
29	0,1	3	14,6	82,3	93,20
30	0	4,2	15	80,8	92,03
31	0	2,6	11,8	85,6	93,08
32	0	3,6	15	81,4	87,46
33	0	2,6	14,4	83	88,59
34	0	0	17,4	82,6	88,69
35	0	2,4	16,4	81,2	89,31
36	0	2	18,4	79,6	88,48
37	0	2	12,2	85,8	89,59
38	0,4	2,6	17	80	88,45
39	0	2,4	16	81,6	88,59
				PRNT médio	91,74

Fonte: Solocria Laboratório Agropecuário, (2013)

Para obtenção das amostras utilizadas acima inicialmente quarteiei independentemente cada uma das 39 amostras coletadas. Através do quarteamento obtive 39 amostras secundárias as quais possuíam o peso de 1kg, estas foram encaminhadas ao laboratório onde obtivemos os resultados trazidos acima.

4.5 Vazão dos Moinhos

Tabela 5 - Vazão dos Moinhos

Amostra	Peso kg/m	Velocidade da Correia m/h	Vazão kg/h
1	13,29	4320	57412,8
2	13,47	4320	58190,4
3	14,56	4320	62899,2
4	14,78	4320	63849,6
5	14,11	4320	60955,2
6	15,10	4320	65232
7	13,56	4320	58579,2
8	13,66	4320	59011,2
9	15,28	4320	66009,6
10	14,62	4320	63158,4
11	13,57	4320	58622,4
12	13,69	4320	59140,8
13	13,99	4320	60436,8
14	14,10	4320	60912
15	14,35	4320	61992
16	14,45	4320	62424
17	15,00	4320	64800
18	14,89	4320	64324,8
19	14,76	4320	63763,2
20	14,80	4320	63936
21	14,58	4320	62985,6
22	14,13	4320	61041,6
23	13,99	4320	60436,8
24	14,10	4320	60912
25	13,85	4320	59832
26	13,60	4320	58752
27	13,56	4320	58579,2
28	13,77	4320	59486,4
29	13,90	4320	60048
30	13,78	4320	59529,6
31	13,95	4320	60264
32	14,20	4320	61344
33	14,54	4320	62812,8
34	14,35	4320	61992
35	14,60	4320	63072
36	14,85	4320	64152
37	14,90	4320	64368
38	15,25	4320	65880
39	15,40	4320	66528

Fonte: TOCHTROP, (2012)

Sendo assim temos uma vazão média de **61.735 kg/h**

Para efetivar os cálculos acima, foi necessário multiplicar o peso das amostras que ocupam 1 metro na seção longitudinal da correia pela velocidade da correia. Determinando assim a vazão no circuito de moagem. Que pode ser exemplificada pela equação abaixo:

$$\frac{Kg}{m} \times \frac{m}{h} = \frac{Kg}{h}$$

Fonte: TOCHTROP, (2012)

4.6 Eficiência e Perdas

Através da equação abaixo podemos definir as Perdas e as Eficiências.

$$Perda = \left(\frac{Alimentação - Vazão dos Moinhos}{Alimentação} \right) \times 100$$

Logo a Eficiência= 100-Perdas

Fonte: TOCHTROP, (2012)

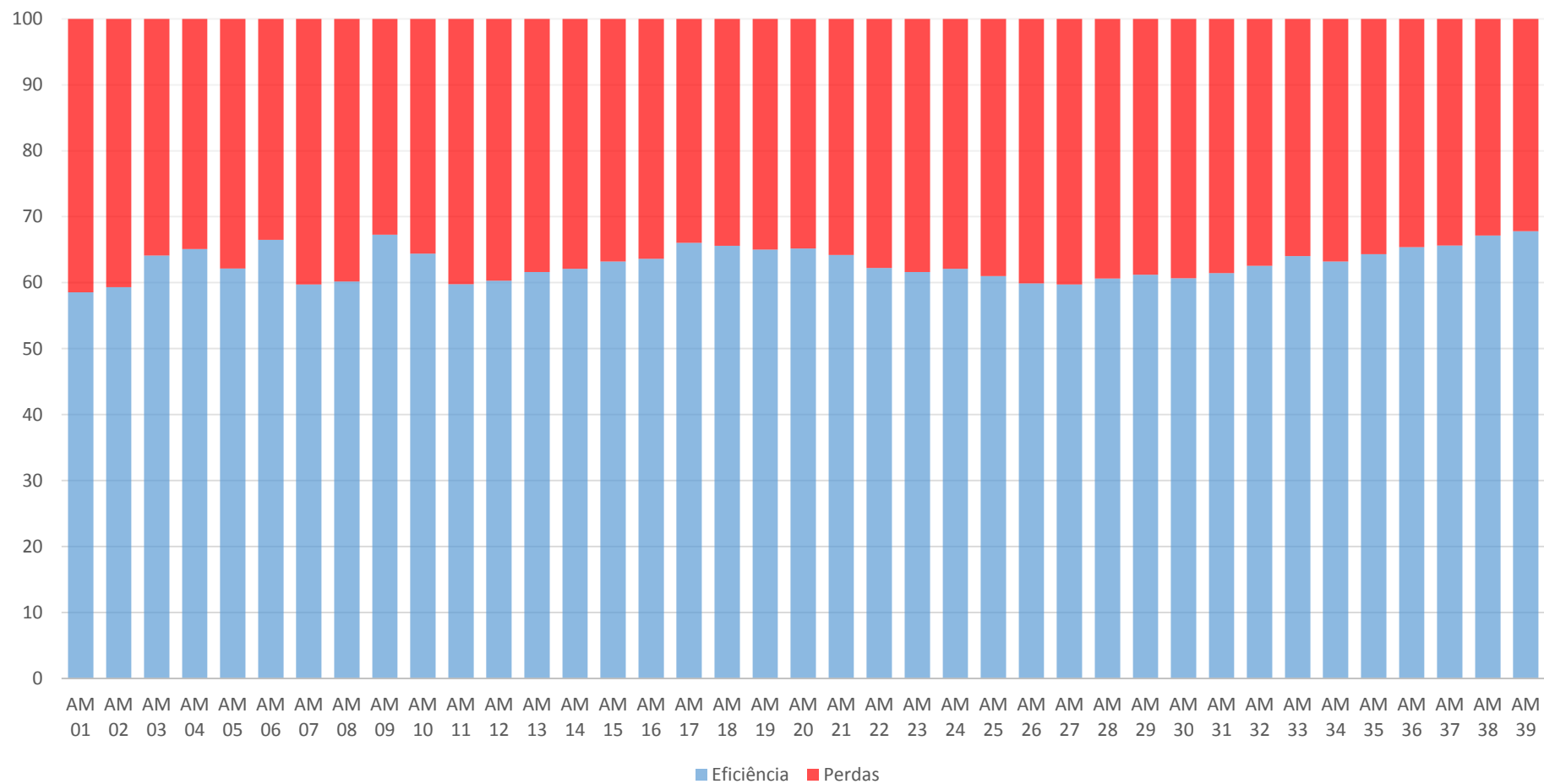
Tabulando os dados em uma planilha eletrônica temos, um valor para cada amostra.

Tabela 6 - Eficiência e Perdas

Amostra	Perdas	Eficiência	Amostra	Perdas	Eficiência
1	41,47 %	58,53 %	21	35,79 %	64,21 %
2	40,68 %	59,32 %	22	37,77 %	62,23 %
3	35,88 %	64,12 %	23	38,39 %	61,61 %
4	34,91 %	65,09 %	24	37,90 %	62,10 %
5	37,86 %	62,14 %	25	39,01 %	60,99 %
6	33,50 %	66,50 %	26	40,11 %	59,89 %
7	40,28 %	59,72 %	27	40,28 %	59,72 %
8	39,84 %	60,16 %	28	39,36 %	60,64 %
9	32,71 %	67,29 %	29	38,79 %	61,21 %
10	35,61 %	64,39 %	30	39,31 %	60,69 %
11	40,24 %	59,76 %	31	38,57 %	61,43 %
12	39,71 %	60,29 %	32	37,46 %	62,54 %
13	38,39 %	61,61 %	33	35,97 %	64,03 %
14	37,90 %	62,10 %	34	36,80 %	63,20 %
15	36,80 %	63,20 %	35	35,70 %	64,30 %
16	36,36 %	63,64 %	36	34,60 %	65,40 %
17	33,94 %	66,06 %	37	34,38 %	65,62 %
18	34,43 %	65,57 %	38	32,84 %	67,16 %
19	35,00 %	65,00 %	39	32,18 %	67,82 %
20	34,82 %	65,18 %			

Fonte: TOCHTROP, (2012)

Através de média aritmética temos, 37,07% de Perda e 62,93% de Eficiência.

Gráfico 1 – Eficiência e Perdas

Fonte: TOCHTROP, (2012)

5 CONCLUSÃO

Segundo a NRM 18, todo projeto de beneficiamento de minérios deve ser otimizado para obter o máximo aproveitamento do minério e dos insumos, observadas as condições de economicidade e de mercado. Desde então é imprescindível que se haja otimização na recuperação de calcário na mina Corgão, aproveitando se o máximo possível do mineral e usufruindo das tecnologias acessíveis.

Através do resultados obtidos fica evidente as perdas decorrentes do processo de beneficiamento da mina Corgão. Como as rochas calcíticas são corpos homogêneos é importante que se aproveite o máximo possível deste material. O que podemos concluir é que através do estudo realizado obtivemos um valor de 37,07% de perdas e aproveitando 62,93%, é necessário um estudo mais específico para determinar se existe um melhor aproveitamento do mineral para que se possa diminuir a quantidade de material perdido.

Um melhor aproveitamento do mineral significa uma maior vida útil da mina, redução de perdas, menor custo de fechamento de mina, entre demais fatores. Para que se obtenha o aproveitamento máximo do corpo mineralizado é imprescindível que o planejamento de mina e a configuração da planta de beneficiamento seja feito de forma adequada.

Os resultados alcançados por este trabalho se baseiam em coletas realizadas em apenas um dia de funcionamento da empresa CALTINS, isto implica dizer que os resultados obtidos podem não ser o mesmo para todos os outros dias de funcionamento do empreendimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **NRM 18 - Normas Reguladoras de Mineração**. Beneficiamento. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 out. 2001. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/700/784/00000806.pdf>. Acessado em 10 set 2013.

BRASIL. **Portaria 237 de 18 outubro de 2001**. Institui Normas Reguladoras de Mineração. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 out. 2001. Disponível em: http://www.dnmpme.gov.br/Legisla/Port_237_01.htm. Acessado em 10 set 2013.

CALTINS. Planta de Beneficiamento. Estagio Supervisionado em Engenharia de Minas, CEULP – ULBRA, 2013, Notas de Aula. Mimeografado.

CALTINS. Grupo J Demito. CALTINS, Historia Disponível em: <http://www.jdemito.com.br/calcario/caltins-grupo-j-demito/>. Acessado em 20 nov 2013.

CHAVES, A. P.; PERES, A.E.C. **Teoria e prática do Tratamento de minérios: Britagem, Peneiramento e Moagem**. 5.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 324p. – (coleção teoria e prática do tratamento de minérios; v.3)

LADEIRA, A. C. Q. **Teoria e Prática de Amostragem**. Escola de engenharia da Universidade de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1987 (seminário).

LOPES, Hélio; MALTA, Iaci; PESCO, Sinésio. Cálculo a uma variável - vol. II: Derivada e integral: Edições Loyola, 2002

LUZ, Adão Benvindo da. **Tratamento de Minérios**. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2010. 960p.

SÁ, Carlos Maranhão Gomes de; MARCONDES, Adilson. **Calcário para Corretivos de Solo em Goiás: Diagnóstico e Alternativas para Abastecimento**. 1.ed. Goiânia: METAGO, 1985. 93p.

SAMPAIO, João Alves. **Tratamento de Minérios: Práticas Laboratoriais**. 1.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2007. 570p.

TOCHTROP, Erwin. Processamento de Minerais II, CEULP – ULBRA, 2012, Notas de Aula. Mimeografado.

VALADÃO, George Eduardo Sales; ARAUJO, Armando Corrêa. **Introdução ao Tratamento de Minérios**. 1.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 234p.