

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE PENEIRAMENTO E PERDAS DE PRODUTIVIDADE EM USINA DE BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO

João Propício Dutra Rodrigues
Orientador: Ítalo Gomes Gonçalves

ABSTRACT

The main objective of this study, was to determine the correlation between the limestone rock moisture and the performance of the milling plant of a local limestone rock company Mario Razzera & cia LTDA. Several instrumental techniques were employed to measure and characterize the moisture content and the granule size of limestone rock before and after milling, with the aim to improve productivity yield. Samples were collected throughout the process including pre-milled rocks, sieve residue, sieved sample, and the final product. The samples were collected in days where the air humidity was high (rainy days) and low (sunny days). A granulometry assay was used to measure the limestone rock granule sizes and the Pareto chart was used to determine how many times the production was stopped to perform a maintenance on the milling machine. With the proposed methodology, we could measure the limit limestone rock moisture that do not interfere on the average productivity yield, and the acceptable percentage of fine granules that do not compromises the milling performance.

Keywords: milling, production yield, limestone rock moisture.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar a relação entre a umidade e a queda de produtividade da usina de beneficiamento proporcionando melhorias nas etapas de beneficiamento da empresa Mario Razzera & cia LTDA. Para isso foram usadas ferramentas para medir, quantificar e determinar essas relações melhorando a produção de calcário com um maior ganho de produção. Foram retiradas amostras da alimentação dos moinhos, do retido nas peneiras e do passante nas peneiras, além da produção final. Essas amostras foram retiradas com variáveis no tempo, ou seja, em dias de muita chuva e dias secos de tempo bom. Houve um ensaio granulométrico das amostras e foi feito um levantamento de tempos de paradas para manutenção dos equipamentos, através do Gráfico de Pareto. Obtidos estes dados foi possível saber a porcentagem de umidade que interfere na produção, juntamente com a porcentagem de finos que interfere diretamente na produção.

Palavras-chave: beneficiamento, avaliação da produção, umidade do calcário

1 Introdução

Sabe-se hoje que o calcário é o corretivo de solo mais utilizado na agricultura, segundo ACIC¹ e do Sindicato do Calcário do Rio Grande do Sul o município de Caçapava do Sul responde por 85% do calcário utilizado no RS, e as empresas do setor do calcário tem uma grande importância na economia pois 10% da população da cidade de Caçapava do Sul (cerca de 4 mil pessoas) trabalha no setor da indústria do calcário.

¹ Associação Comercial e Industrial de Caçapava do Sul.

O processo de beneficiamento do calcário é dividido nas etapas de britagem primária, secundária seguido da moagem. Segundo Varela (2011), a parte de britagem e moagem são conhecidas como os maiores consumidores de energia das plantas de processamento, pois entre os inúmeros fatores que influenciam a escolha e, conseqüentemente, o desempenho dos equipamentos utilizados na britagem e moagem, encontram-se as características físicas das matérias primas minerais, como a dureza, a abrasividade e a coesividade.

Hoje existe uma grande demanda de calcário agrícola, assim é importante ter uma produção eficiente, que consiga suprir o mercado que cada vez fica mais exigente, pois os produtores agrícolas trabalham com tecnologia de ponta. Dentro do beneficiamento do calcário dolomítico não se pode mais ter perdas de produção pois o cliente tem prazo para receber o seu produto para fazer a sua próxima safra, sendo assim, um circuito de britagem e moagem com um bom resultado em produção e qualidade é essencial para atender o produtor agrícola com eficiência.

Um grande empecilho para a produtividade do calcário é a umidade, pois o pico da produção se dá no inverno. A umidade causa a aglomeração das partículas, entupimento da peneira e aumento da carga circulante, com isso ocorre uma sobrecarga nos moinhos, pois a alimentação tem que ser cortada levando os moinhos a uma queda de produção. Se caso a alimentação não for cortada o moinho pode até mesmo sofrer danos como quebra ocasionando maior tempo de parada para manutenção causando prejuízo à empresa.

Dentro da abrangente área do curso de Tecnologia em Mineração, o processo de produção sempre foi o motivador de curiosidade para saber o quanto a empresa Mário Razzera & Cia Ltda deixava de produzir quando chovia e qual era o teor limite de umidade que interferia na produção, fazendo com que uma pessoa tenha que ficar batendo nas peneiras para que o retido não retorne em grande quantidade para os moinhos gerando transtornos e perda tempo.

Sendo assim o objetivo principal deste trabalho foi analisar as principais causas de paradas na produção, através do Gráfico de Pareto e também de analisar a eficiência do peneiramento em função da taxa de alimentação e umidade do material.

1.1 Constituição da empresa

O Calcário Razzera iniciou suas atividades em 1956 pelos empreendedores Mário Razzera e seu sogro o senhor Bruno Rec que adquiriram uma área de terra com 9 hectares no município de Caçapava do Sul onde do solo aflorava a rica jazida de pedra calcária (mármore). Na época o seu foco principal era a produção da cal, pois não existia maquinários e a extração era feita manualmente com marretas e picaretas, além do uso de fogo para amolecer a matéria prima, depois retirada com carro de boi até o forno.

Idealizado e construído pelos empreendedores e seus funcionários, usando enxada especial para retirada da pedra do forno, esse material era transportado por vagonetas sobre trilhos, despejado no solo e após esfriada era transportada em carrinhos de mão. Sua pesagem era feita na balança por unidade. Nesta primeira etapa o maquinário era muito rudimentar, pouco se investia e as vagonetas eram compradas de segunda mão usadas na construção de túneis da viação férrea.

Em 1967 constituiu-se a empresa individual Mario Razzera & cia LTDA fabricando cal e calcário. Atualmente a empresa não produz mais a cal, atua no mercado de calcário dolomítico faixa B, focada na agricultura investindo em novos equipamentos para melhoria dos seus produtos, satisfazendo assim às necessidades de seus clientes. Tem hoje

aproximadamente 42 colaboradores, além de vários empregos indiretos na produção e manutenção de seus equipamentos.

2. Revisão bibliográfica

Segundo Figueira (2004) os britadores primários são escolhidos a partir do tamanho das partículas da alimentação, ou seja, a granulometria da rocha é determinante para a escolha do tamanho da entrada e saída do britador.

A escolha dos britadores, conforme Varela (2011), mais indicados para cada tipo de minério, sua eficiência e os métodos para escolha, como britadores de mandíbulas e o giratório/cônico reduzem o material utilizando elevadas forças de compressão, o que torna estes equipamentos a escolha ideal para o processamento de materiais duros com resistência a compressão de até 400 MPa. Porém estes equipamentos não são indicados para o processamento de materiais com alta umidade e/ou contaminações de argila ou outros minerais coesivos.

Outro ponto a ser destacado é sobre a escolha dos moinhos. O primeiro passo no dimensionamento de um moinho é a determinação da energia necessária para produzir a moagem desejada. Várias fórmulas têm sido utilizadas para este fim, entretanto a equação de Bond é a mais amplamente usada pois nas condições mais comuns de operação ela fornece bons resultados mas, para aplicações que se afastam das usuais, pode ser arriscado dimensionar um moinho pelo método de Bond. Segundo (FIGUEIRA et al 1985):

“O teste de moabilidade de Bond tem sido usado com sucesso na avaliação de requisitos de energia para moinhos de bolas, de barras e para a escolha de equipamentos de cominuição em escala industrial. Este teste proporciona uma medida acurada de moabilidade de minério, porém é necessário cerca de 8 horas para realizá-lo e em avaliações de eficiência de moagem industrial é desejável um processo que consuma menos tempo e tenha a mesma precisão”.

FIDELIS (2017), fala dos aspectos propostos como alternativas para melhorar a produtividade de uma mineração de calcário e especificamente da moagem de calcário em Ponta Grossa-PR. O estudo envolve o setor de produção da fábrica que identificou a baixa produtividade na produção de calcário. Foram utilizadas ferramentas como OEE, Gráfico de Pareto, 5W2H² para identificar as causas que geram baixa produtividade e verificar as falhas do equipamento da produção. A classificação da pesquisa foi caracterizada como um estudo de caso, com uma pesquisa aplicada, quantitativa, qualitativa e exploratória, o que se aproxima da proposta dessa pesquisa.

Em relação ao peneiramento, conforme CHAVES & PERES (1999) as peneiras vibratórias inclinadas têm inclinações variando entre 15° e 35° e transportam o material do leito a uma velocidade de 18 a 36 m/min, dependendo da inclinação. As peneiras horizontais transportam o material à uma velocidade de 12m/min. O peneiramento é feito a seco ou a úmido, peneiramento a úmido não significa peneiramento do material úmido, mas sim peneiramento com uma grande quantidade de água, via úmida. Partindo-se do material seco e aumentando a umidade superficial das partículas, a operação vai se tornando cada vez mais difícil, até tornar-se totalmente impossível. Isto ocorre entre 5 e 8% de umidade.

² Serão explicados no próximo item.

A água na superfície exerce em efeito capilar aproximando as partículas e mantendo-as juntas e ainda fazendo as partículas mais finas aderirem-se às partículas maiores. Isto impede as partículas aglomeradas de encaminharem-se ao produto adequado, prejudicando a eficiência do peneiramento. Esse ponto é um determinante para que se possa verificar o grau de umidade existente, principalmente na época de safra que compreende os meses de março a outubro, onde a produção aumenta, mas ao mesmo tempo sofre em relação ao clima, especificamente nos meses que compreende a estação do inverno.

Conforme PERALTA (2013) o efeito da umidade é especialmente sensível quando a há grande quantidade de partículas finas. Como a área específica destas partículas é muito grande, a umidade de superfície é relativamente maior que a das demais. Nestas circunstâncias o peneiramento torna-se difícil de ser realizado. A umidade em um material a ser peneirado pode ou não modificar o tratamento deste, pois o material pode apresentar umidade natural tolerável (material seco), depender das condições do clima (chuva ou sol), ser peneirado na forma de polpa (úmido), receber lavagem sobre a peneira (com sprays) ou simplesmente não influenciar nos peneiramentos de materiais grossos.

2.1 Geologia

O município de Caçapava do Sul, localizado na região centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul, destaca-se por sua geodiversidade. Em seus 3.047 Km² de área, possui uma diversidade de contextos geológicos sem paralelo em escala estadual. Possui ocorrências de todos os principais tipos de rochas (plutônicas, vulcânicas, sedimentares e metamórficas), estruturas tectônicas (falhas, dobras), mineralizações e feições resultantes de diversos processos terrestres, ficando conhecida como a “CAPITAL GAÚCHA DA GEODIVERSIDADE”.

A região compreende, principalmente, a quadrícula de mesmo nome e abrange cerca de 11.000 Km², e constituída por ocorrência de um batólito granítico (Granito Caçapava) com afloramento de 25 x 10 Km, orientado no sentido N – S (Bortolotto,1986).

O Granito Caçapava é circundado por um cinturão de metamorfitos pertencentes à Formação Vacacaí, Grupo Porongos (Pré – Cambriano Superior) (Ribeiro et al, 1966). Dentre os metamorfitos situa-se um corpo de rochas carbonatadas de aspectos lenticular, com contatos nítidos, interpenetrado por apófises graníticas (Bortolotto,1986).

O cálcio é um dos elementos mais comuns, estimado em 3-4% da crosta terrestre, todavia, quando constituinte dos calcários, tem origem nas rochas ígneas. Por meio das atividades de erosão e corrosão, incluindo a solução de ácidos carbônicos ou outros de origem mineral, as rochas são desintegradas e o cálcio em solução é conduzido para o mar por meio da drenagem das águas. Após atingir o oceano, parte do carbonato de cálcio dissolvido precipita-se, em decorrência da sua baixa solubilidade na água marinha (CETEM/2008).

O calcário é um produto metamórfico e uma rocha sedimentar, originada de material precipitado por agentes químicos e orgânicos. Os mármore caracterizam-se pela sua dureza baixa e efervescência com HCl a frio, quando formado por calcita, e a quente, quando formado por dolomita.

No Rio Grande do Sul não ocorrem calcários: o que chamamos de calcário na realidade são mármore, rochas metamórficas com a mesma composição química do calcário, mas dobradas e recristalizadas (os cristais de calcita são bem maiores), no caso o calcário de Caçapava do sul.

2.2 Calcário: composição, utilização e benefícios

O calcário encontrado extensivamente em todos os continentes é extraído de pedreiras ou depósitos que variam em idade, desde o Pré-Cambriano até o Holoceno. As reservas de rochas carbonatadas são grandes e intermináveis e a sua ocorrência com elevada pureza corresponde a menos que 10% das reservas de carbonatos lavradas em todo mundo.

Quanto a sua utilização é, sem dúvida, um dos bens minerais de maior gama de aplicações na indústria. Por exemplo: a indústria do cimento, a indústria da cal, produção de brita, indústria metalúrgica, indústria química, indústria de tintas e nosso país é um dos maiores consumidores de calcário na produção de corretivos de acidez dos solos.

Os solos brasileiros são compostos por cerca de 70% de solos ácidos e, em 40% deles a produtividade é reduzida pela metade. Ainda que a demanda de calcário tenha aumentado no final dos anos 90, conforme dados da Abracal³ para a correção dos solos, existem muitos agricultores que não fazem o uso do calcário (QUAGGIO, 2000).

O calcário dolomítico é um calcário com maior concentração de óxido de cálcio e magnésio. Indicado para a correção de solo com deficiência de Óxido de Cálcio (CaO) e Óxido de Magnésio (MgO). Acredita-se que os calcários magnesianos ou dolomíticos foram formados pela substituição, no próprio calcário calcítico, do cálcio pelo magnésio oriundo de águas com elevado teor de sais de magnésio. Muito embora vários depósitos de dolomita aparentem ter origem na co-precipitação de ambos os carbonatos, a teoria da substituição dos metais ainda é aceita.(CETEM/2008).

2.3 Equipamentos utilizados na produção do calcário

2.3.1 Britador de mandíbulas

Os britadores de mandíbulas são empregados principalmente como britadores primários, reduzindo o tamanho do minério vindo da mina, tendo como principal função produzir material que possa ser conduzido por transportador de correia aos estágios subsequentes da instalação (Metso, 2005).

2.3.2 Rebritador de mandíbulas

É usado para reduzir o tamanho das partículas de rocha que vem do britador primário para poderem ficar no tamanho ideal para ser usada nos moinhos. Foram projetados para britar as rochas mais duras, mantendo seu desempenho com mínima necessidade de manutenção, em severas condições de operação (Metso, 2005).

2.3.3 Moinho de martelos

O moinho de martelos consiste de um eixo girando em alta rotação, no qual ficam presos, de forma articulada, vários blocos ou martelos.

As partículas, alimentadas pela parte superior, sofrem o impacto dos martelos e são projetadas contra a superfície interna da câmara, fragmentando-se. O material fragmentado deve então passar por uma grelha existente na parte inferior que vai bitolar a granulometria da descarga (Figueira, 2004). Os moinhos de martelos podem apresentar uma infinidade de arranjos internos com relação à: montagem, tipos e número de martelos. Para cada tipo de produto emprega-se uma configuração específica do equipamento.

³ Associação Brasileira dos produtores de calcário agrícola.

2.3.4 Peneiras

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 de ficar retida. Os dois produtos chamam-se “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 malha alongadas, telas de fios paralelos, chapas perfuradas e placas fundidas.

A faixa de tamanhos submetidos ao peneiramento vai desde matacões de 18’’ (0,46 m) a talco (130 μm). Os equipamentos capazes de fazer este serviço são muitos e variados, podendo ser divididos genericamente em peneiras fixas, peneiras vibratórias inclinadas, peneiras vibratórias horizontais, grelhas e trômeis (peneiras rotativas). Segundo (CHAVES & PERES, 2003):

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

De acordo com Metso Minerals (2005) a estratificação é o processo que ocorre na camada de material, por efeito de movimento vibratório, ao deslocar-se sobre a superfície de peneiramento, pelo qual as partículas menores, escoando através dos vãos criados pelas partículas maiores, encaminham-se para a parte inferior da camada, indo de encontro a superfície de peneiramento, enquanto as partículas maiores tendem a se deslocar na parte superior da camada.

2.4 O gráfico de Pareto e 5W2H

De acordo com Bastiani (2012), o princípio de Pareto foi formalizado no século XIX por Vilfredo Pareto, um economista italiano que desenvolveu métodos para estudar e descrever a distribuição desigual das riquezas no país. Como resultado de seus estudos, Pareto chegou a conclusão de que 20% da população detinha 80% das riquezas produzidas (Relação 80/20).

Com a contribuição de Joseph Juran, o Princípio de Pareto se transformou em uma das 7 Ferramentas da Qualidade, utilizando-se da relação 80/20 para analisar os problemas de Qualidade encontrados no SGQ⁴. Com o uso da ferramenta, foi possível estudar e descobrir quais ocorrências foram mais relevantes e, com isso, tendo a tratativa priorizada.

A utilizar a ferramenta gráfico de Pareto permite indicar os parâmetros que tem influência significativa sobre cada variável de resposta, através do diagrama é possível uma relação de ação/benefício que prioriza a ação que trará melhor resultado. É constituído em um gráfico de barras que ordena as frequências da maior para a menor que permite a localização dos problemas vitais e a eliminação de perdas o benefício do gráfico de Pareto esta em identificar problemas vitais que ocorrem ao longo de um processo de produção.

⁴ É a compreensão das atividades pelas quais a organização identifica seus objetivos e determina os processos e recursos necessários para alcançar os resultados desejados. Em complementariedade, a ISO 9001, o sistema de gestão da qualidade (SGQ) mais conhecido do mundo, foi desenvolvido para auxiliar as organizações a garantirem produtos e serviços conformes e principalmente a satisfação dos clientes.

O 5W2H, basicamente, é um checklist de determinadas atividades que foram desenvolvidas com o máximo de clareza possível por parte dos colaboradores da empresa. Ele funcionou como um mapeamento destas atividades, onde ficou estabelecido o que foi feito, por quem, em qual período de tempo, em qual área da empresa e todos os motivos pelos quais esta atividade foi feita.

3. Materiais e métodos

3.1 Peneiramento

A pesquisa foi feita a partir da retirada de 12 amostras, do retido nas peneiras, do passante e da produção final. A vazão de descarga dos moinhos foi medida utilizando cronômetro, coletando o material durante um período de em média 5 segundos, para realização destas amostragens eram envolvidas três pessoas.

As amostras foram levadas para o laboratório onde foi medida a umidade e a fração passante em 2 mm. O objetivo desses testes foi saber o quanto a umidade interferiu na produção e qual a quantidade de finos (< 2mm) que pode afetar a produção no peneiramento, apontando as melhorias no processo de beneficiamento.

As amostras coletadas do retido da peneira 1 e 2, do passante total das duas peneiras tinham um peso inicial, aproximadamente de 5kg. Elas foram retiradas através de um recipiente com o mesmo tamanho da boca de saída do retido das peneiras. Foram embaladas em sacos plásticos com o objetivo de não perder o teor de umidade, pois no laboratório essas amostras foram pesadas, classificadas em: peneira 1, peneira 2 e passante total.

Durante a pesquisa foi medida a produção diária em dias chuvosos e secos, nos meses de abril e maio, foi cronometrado o tempo da produção em relação ao peso para obter a produção total por horas e posteriormente diárias.

Para realizar o ensaio granulométrico foram retiradas amostras do retido e do passante das peneiras 1 e 2 em tempos secos (sem umidade do material) e dias chuvosos (muita umidade do material)

3.2 Coleta de dados para o Gráfico de Pareto

Outro parâmetro avaliado foram os tempo de paradas, para obter os tempos de parada foi criado um *checklist* (através de uma tabela) onde constava o dia, a hora que parou, a hora que começou e qual o motivo da parada, para obter os dados para montar o gráfico de pareto.

Os dados foram coletados nos meses de abril e maio, totalizando 60 dias, nos três turnos da empresa que trabalha 24h por dia, pessoas envolvidas na coleta de dados eram 4 pessoas que trabalham no setor da moagem na usina.

4 Resultados e discussão

4.1 Sobre as peneiras

Perante as amostras que foram coletadas durante o monitoramento do processo de pesquisa, levadas ao laboratório foi possível constatar que a quantidade de finos <2mm era grande, onde não deveriam estar (retido das peneiras), ocasionando um alto volume de

retorno, pois este material retornando para o moinho novamente provoca uma perda de produção, pois este material já deveria estar pronto para seu destino final.

Foram levadas a estufa em uma temperatura em torno de 60°C até que ficassem totalmente secas, levando em torno de 24h. Logo após a secagem essas amostras foram pesadas novamente, obtendo uma diferença de peso, tendo a relação peso/umidade.

Após isso, o retido 1 e 2 foram peneirados em uma peneira de 2mm, separando os teores de retido e passante. Sendo assim foi concluído que no processo do peneiramento existe um alto teor de finos retornando aos moinhos, ocasionando uma perda de eficiência na produção pois o material muito fino acaba aglomerando nos poros da peneira, fazendo com que não haja passagem, acabando passando por cima e retornando aos moinhos.

Outro ponto a ser destacado é que o ângulo das peneiras estão em 40 graus. Isso pode ser prejudicial ao peneiramento pois o material passa rápido demais, sem tempo para que possa passar entre seus poros.

Além disso existe outro fator relacionado a abertura da alimentação das peneiras. O material cai na peneira concentrado no meio totalizando 50cm de área, deixando os lados sem cobertura de aproximadamente 1m, conforme Figura 1.



Figura 1 - Material concentrado no leito central da peneira vibratória e forte inclinação da peneira

Pode-se verificar a partir disso que a umidade pouco interfere no peneiramento, sendo o problema de origem construtiva da peneira, pois foram retiradas amostras em dias secos e chuvosos. A eficiência da peneira em dias secos é a mesma em dias chuvosos, tendo pouca diferença, em torno de 36 a 50%. Quando há interferência humana (batidas) houve um aumento, chegando a quase 60%, evidenciando que o sistema de peneiramento está com falhas na projeção, como pode ser visto na Figura 2.

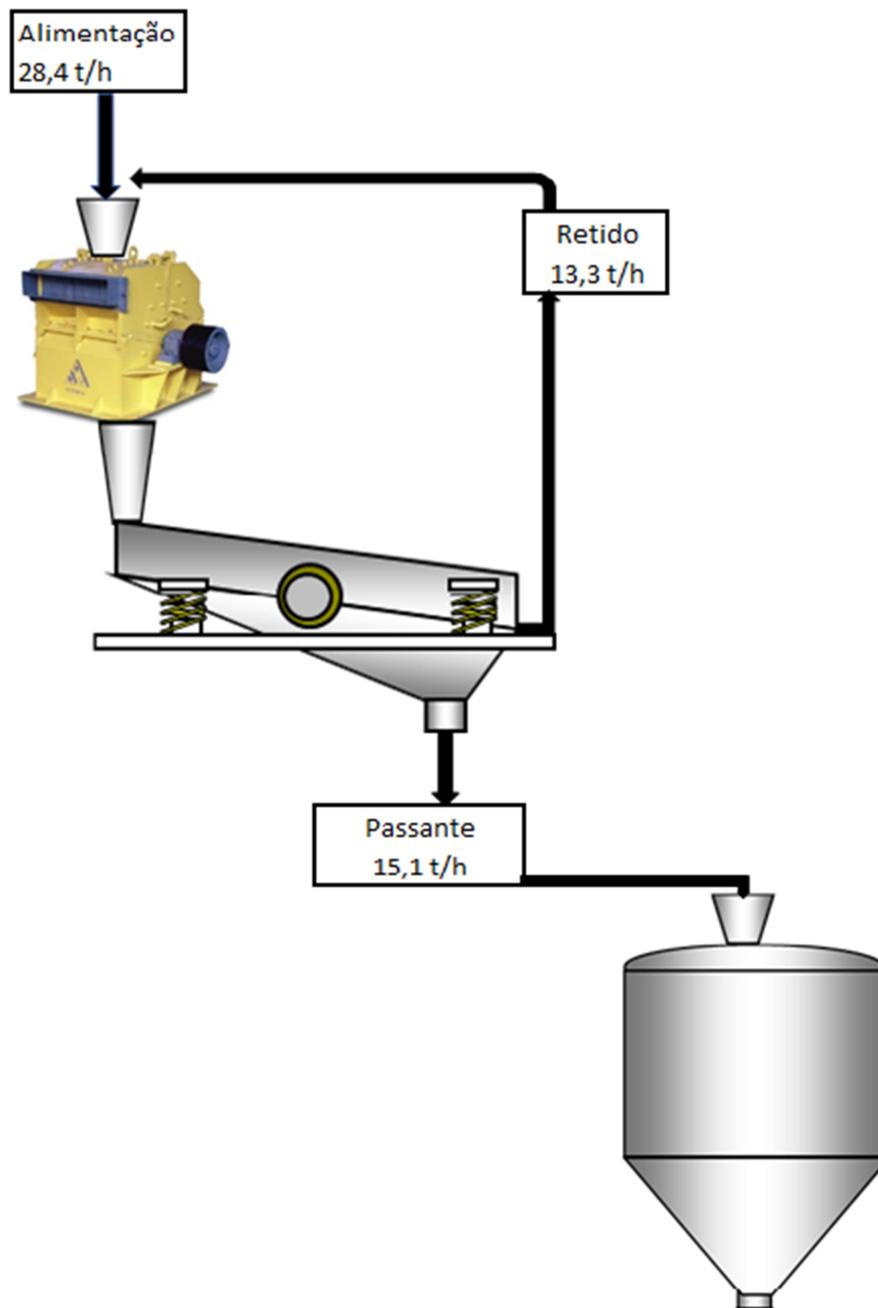


Figura 2- Fluxograma da produção

Podemos observar através do fluxograma que foi unificado os valores dos dois retidos das peneiras 1 e 2, somado amostragem dos dias que foram monitorados, gerando uma média da produção em t/h.

A eficiência foi calculada da seguinte forma: massa do passante (M_p) dividido por o passante mais massa $< 2mm$ no retido da usina. Foi criada uma fórmula da eficiência :

$$Ef = \frac{M_p}{M_p + M_{r < 2mm}} \quad (1)$$

Onde, Ef = Eficiência, M_p = Massa do Passante da Usina e M_r = Massa do retido peneirado no laboratório.

O gráfico da Figura 3, mostra relação da eficiência do peneiramento com o percentual $< 2mm$ da alimentação, mostra que quanto menor for a granulometria do material que cai na peneira, melhor será sua eficiência, pois foram retiradas amostras em dias de chuva e dias secos. A melhor eficiência foi obtida quando houve interferência humana (batidas), chegando a 45%, pois demonstra quanto maior for a rotação de vibração das peneiras mais elas ficam eficientes.

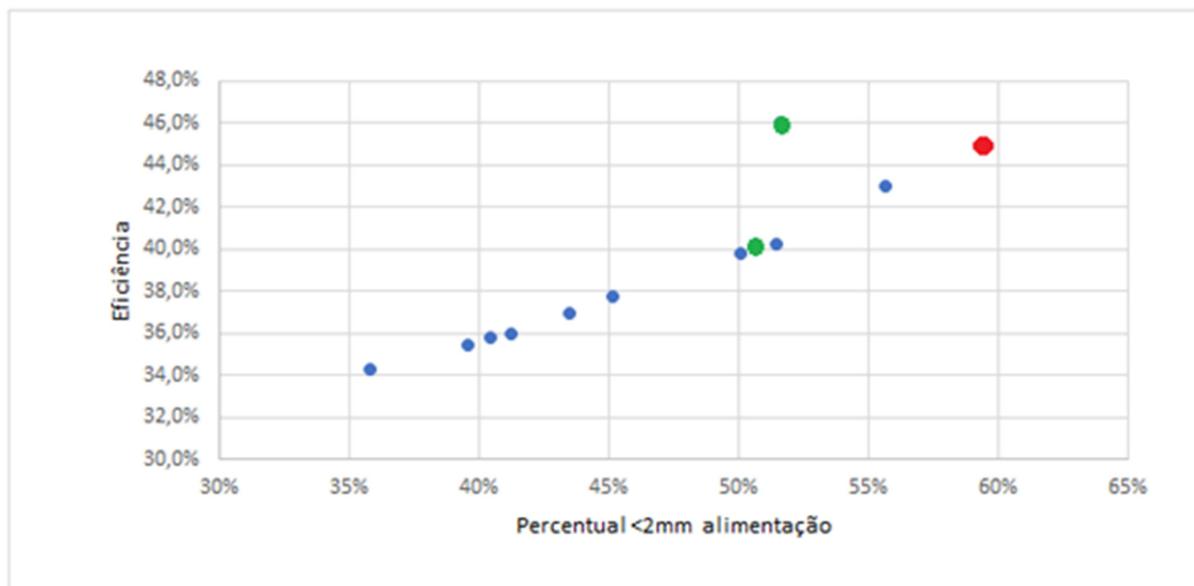


Figura 3 - Gráfico eficiência x passante $< 2mm$

Já o gráfico da Figura 4, mostra a relação da umidade com a eficiência do peneiramento onde a umidade tem uma pequena interferência no peneiramento com as amostras que foram analisadas. Há uma oscilação na eficiência que foi constatada, as observações mostram que o problema está na construtividade das peneiras, pois o material fica concentrado no meio delas, deixando de ter um aproveitamento total da peneira (4m de comprimento por 1,5m de largura). O material acaba cobrindo só uma parte do leito da peneira em torno de 45cm, fazendo com que as peneiras percam eficiência, a umidade interfere em outros pontos dentro da produção. Os pontos verdes representam os dias secos, já os pontos azuis demonstram teores de umidade. O ponto vermelho representa interferência humana (batidas).

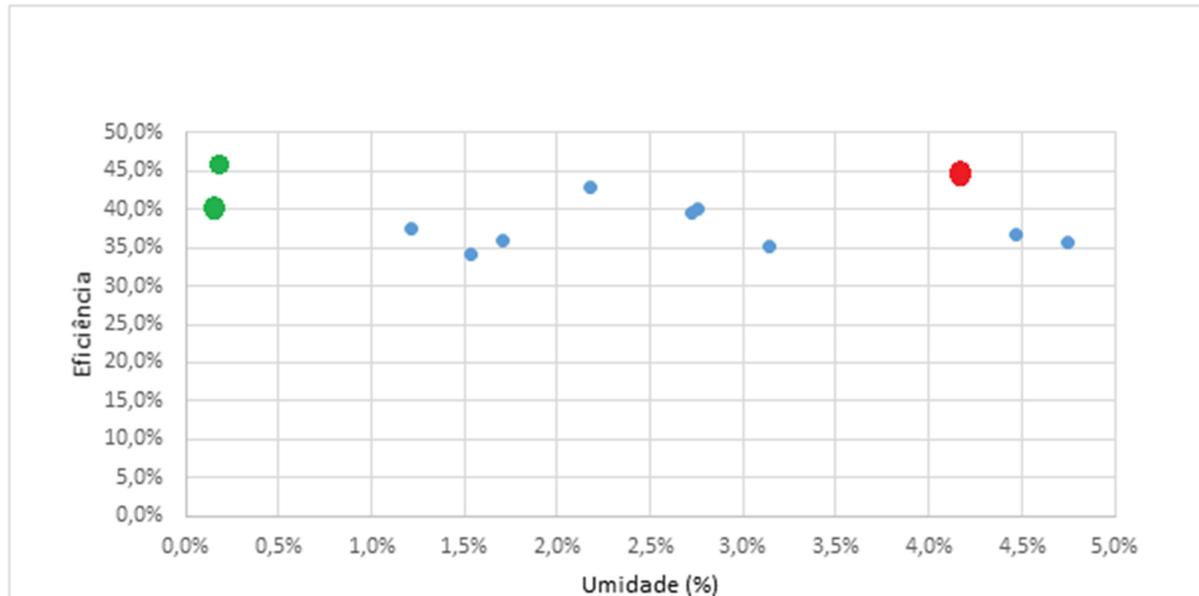


Figura 4 - Gráfico do Teor da umidade em relação à eficiência

4.2 Gráfico de Pareto

O principal motivo do número de paradas foi ocasionado por falta de material. Isso se deu por problemas na lavra, devido a dias chuvosos que dificultaram o acesso a cava. Outro problema para a falta de material foi que a empresa efetuou a troca do britador de mandíbulas primário, o que levou um tempo total de paradas de 52:20h

A umidade acarretou problemas de entupimentos de calhas no circuito da alimentação dos moinhos e no silo de armazenamento. O total de paradas devido a este fator totalizou 38:00 h, conforme Figura 5.

O tempo perdido com as falhas mecânicas foi por desgastes dos equipamentos, como rompimentos de correias e quebras dos motores, quebra de grelhas e martelos dos moinhos totalizando 27:20h.

A linha de meta é usada para ilustrar melhor o gráfico. Quando a linha acumulada cruza com a linha de meta indica os problemas que temos que atacar, como falta de material e entupimentos devido à umidade.

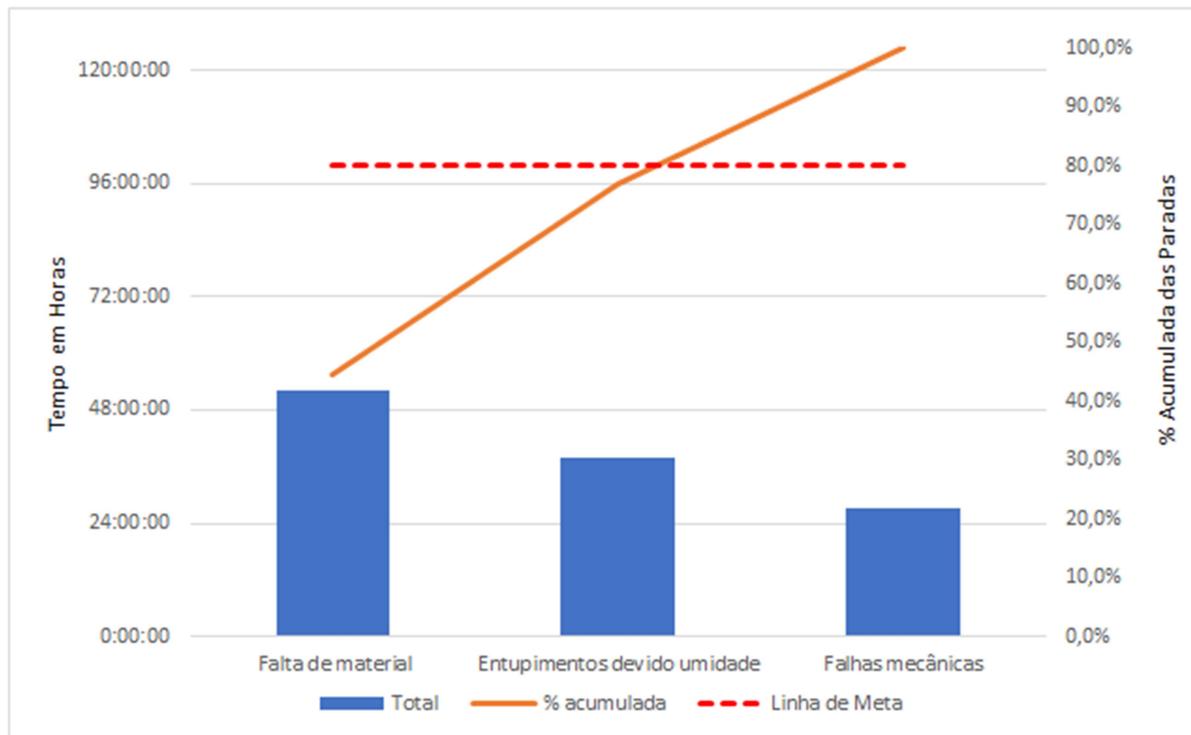


Figura 5 - Gráfico de Pareto aponta os tempos de paradas

5. Conclusões

Pôde-se perceber durante o monitoramento que todos os colaboradores tentam dar seu máximo mas às vezes, mesmo a parte humana trabalhando ao seu máximo, existem falhas ao longo de um processo de linha de produção. Dentro da linha de produção da empresa mencionada na pesquisa nunca se tinha calculado sua produção na relação toneladas/horas. Tinha-se apenas uma estimativa de quanto se produzia, no caso de 38 a 40 t/h. As medidas de vazão de material apontaram em média 28,4 t/h. Esse valor é razoavelmente baixo tendo em vista o padrão que a empresa acreditava existir.

A partir da análise do gráfico de Pareto, podemos analisar que os fatores primordiais para paradas na produção são a falta de material e entupimentos devido à umidade. Juntos, correspondem cerca de 80% do total de paradas do sistema produtivo na produção de calcário, correspondendo 90:20h .

Segundo a empresa a falta de material ocorreu por motivos de problemas de montagem de uma nova planta de britagem acarretando a falta de material para produção de calcário, durante o período da pesquisa. Já os entupimentos ocasionados pela umidade ocorreram devido ao entupimento das calhas do retorno das peneiras e das calhas da alimentação dos moinhos, onde o próprio silo de armazenamento sofre com alto teor de umidade.

As falhas mecânicas foram quebras de motores, grelhas, martelos e rotores e rompimento de correias. A empresa oferece manutenção preventiva de todos os equipamentos, mas é necessário a observação detalhada do funcionamento dos equipamentos pelos profissionais que trabalham com eles, pois na manutenção os colaboradores podem mencionar os pontos mais frágeis a quebra.

Durante a pesquisa os problemas foram sendo apontados para que a empresa melhore seu planejamento em relação a produção, e conseqüentemente aumente seu lucro financeiro, minimizando as perdas durante o processo de produção.

Em relação a umidade, trocar as calhas de retorno e de alimentação dos moinhos por outro material que tenha menor aderência à umidade.

A construtividade das peneiras deve ser melhorada pois o aproveitamento e eficiências delas está muito baixo. O leito deve ser de total aproveitamento, pois o material não pode ficar concentrado somente no meio. Além disso, os ângulos de inclinação devem ser ajustados para melhor eficiência. As paradas podem ser reduzidas pois os outros pontos já citados tem relação direta com a baixa produtividade.

Somando os tempos de parada chega-se a $117:30h \times 28.400t/h = 3.331t/dia$ deixou de produzir aproximadamente. Em valores reais (R\$) a empresa deixou de ganhar em torno de $3.331t/h \times R\$55,00 = R\$183.000,00$ em 60 dias.

6 Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha família, em especial, à minha esposa que sempre me incentivou e nunca deixou que me abatesse perante as dificuldades que foram aparecendo durante o curso e sempre acreditou em mim. A minha mãe que hoje não está mais entre nós mas sei que onde ela estiver vai estar muito feliz e ao meu pai que sempre acreditou em mim e esteve ao meu lado ajudando quando precisava.

Agradeço à direção da empresa Mario Razzera por me dar a oportunidade de trabalhar e ao mesmo tempo poder estudar, quero também agradecer todo o quadro de funcionários que ajudaram a contruir o meu trabalho de pesquisa na empresa.

7 Referências

BASTIANI, Jeison Arenhart de. *Diagrama de Pareto*. 2012.

BORTOLLOTO, José Olavo. *Petrologia dos mármores de Caçapava do Sul – RS*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. Monografia (Mestrado). São Paulo, 1986.

BRANQUINHO, C.L.S. (Ed.), *CETEM 35 Anos : Criatividade e Inovação, Centro de Tecnologia Mineral*, Rio de Janeiro, 320 p.: il, fevereiro/2008.

CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C. *Teoria e Prática do Tratamento de Minérios*.

Britagem, Peneiramento e Moagem – Volume 3. 2ª Edição. São Paulo: Signus Editora/Brasil Mineral, 2003. 662p.

FIDELIS, Ronaldo Schaedler. *Melhoria da Produtividade em uma Mineradora de Calcário*. 2017. 41p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

FIGUEIRA, H. V. O.; ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. *Cominuição*. In: LUZ, A. B.;

SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. *Tratamento de minérios*. 4ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq-MCT, 2004. Capítulo 4, páginas 113-194.

FIGUEIRA, H.V.O. *Estudo de um método simplificado para a determinação do “índice de trabalho” e sua aplicação à remoagem*. Série tecnologia mineral, nº 36, Brasília, 1985.

ENDEAVOR BRASIL. Disponível em <<https://endeavor.org.br/pessoas/5w2h/>>

METSO. *Manual de Britagem Metso*. 6ª Edição. 2005. 501p.

PALADINI, Edson. *Gestão Estratégica de Qualidade*. Atlas, 2009 disponível em <<http://www.portal-administracao.com/2014/12/5w2h-o-que-e-e-como-utilizar.html>>

PERALTA, Miguel. *Peneiramento: Princípio ou fatores do peneiramento*. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAop0AD/peneiramentoindustrial-apuntes-aula-parte-2>>

QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; FURLANI, P.R. & CARELLI, M.L.C. *Liming and molybdenum effects on nitrogen uptake and grain Yield of Corn*. In: WRIGHT, R.J et al. (Eds.) . *Plant-soil interactions at low pH*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. P. 953-958.

QUAGGIO, J. A. *Acidez e calagem em solos tropicais*. Campinas, São Paulo: Instituto Agrônômico, 2000. P. 3-103.

RAIJ, B van. e QUAGGIO, J.A. *Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura*. In: SPINOZA, W. & OLIVEIRA, J.A. (Eds.). *SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA*, Brasília, 1984. Anais. Brasília Embrapa, 1984. p.323-346.

RIBEIRO, M. BOCHI, P.R. FIGUEIREDO F. P.M, *Geologia da quadricula de Caçapava do Sul*, Rio Grande do Sul, Brasil. 1966.

VARELA, J. *Critérios de seleção de britadores aplicados ao processamento mineral*. XXIV ENTMME - 2011 - Salvador/Bahia.