

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**MODELAGEM MATEMÁTICA
DE EQUIPAMENTOS DE BRITAGEM**

PMI 500 - TRABALHO DE FORMATURA EM ENGENHARIA DE MINAS

André Costa Naschenveng

Orientador: Prof. Dr. Homero Delboni Jr.

Novembro - 1997

**MODELAGEM MATEMÁTICA
DE EQUIPAMENTOS DE BRITAGEM**

André Costa Naschenveng

Orientador: Prof. Dr Homero Delboni Jr.

EPMI
TF-1994
N 178m
Lysno 1580238

M19946

DEDALUS - Acervo - EP-EPMI



31700005903

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
2. Embasamento Teórico.....	2
2.1. Classes de Modelos Matemáticos de Cominuição.....	2
2.2. O Modelo Matemático de Britador de Whiten.....	4
3. Obtenção e Ajuste de Dados.....	10
3.1. Obtenção de Dados.....	11
3.2. Ajuste de Dados.....	13
4. Simulações.....	16
5. Conclusão	18
6. Referências.....	19

MODELAGEM MATEMÁTICA DE EQUIPAMENTOS DE BRITAGEM

RESUMO

Este trabalho apresenta simulações da operação de um circuito de britagem. Tais simulações envolveram um britador de mandíbulas e dois rebritadores de cone e foram realizadas com o auxílio de um programa de computador largamente utilizado pela indústria mineral na otimização de seus processos de cominuição e de classificação.

Preliminarmente, descreve-se o modelo matemático de britador implementado pelo simulador, assim como o método de obtenção e de ajuste de dados adotado.

Os resultados obtidos atestam a potencialidade da modelagem matemática e da ferramenta que a emprega na avaliação do grande conjunto de condições operacionais possíveis em uma instalação de tratamento de minérios.

OBJETIVOS

- Travar contato com a modelagem matemática de equipamentos de britagem através do estudo do Modelo Matemático de Britador de Whiten.
- Obter dados de distribuição granulométrica em manual de fabricante de equipamentos e ajustá-los, juntamente com outros parâmetros de máquina, ao modelo estudado.
- Realizar simulações de um circuito de britagem, montado com os modelos ajustados, utilizando-se um simulador (JKSimMet 4.0) de processos de tratamento de minérios largamente empregado na indústria mineral mundial.

1. Introdução

A sociedade industrial moderna, tal qual a conhecemos, não pode prescindir da extensa gama de tecnologias de cominuição mineral forjadas pelo homem. Cada vez mais, faz-se necessária a obtenção de produtos de alta qualidade, tanto no que diz respeito a especificações de teor quanto em termos de exigências sobre a granulometria da matéria-prima. Por outro lado, a evolução de técnicas de tratamento aliada à crescente demanda por bens minerais permite a exploração de depósitos considerados antieconômicos anteriormente.

Uma outra componente nesse quadro é a energia dispendida na redução granulométrica dos minérios. O ponto chave aqui é o confronto entre a crescente escassez energética e o alto consumo apresentado pelas plantas de cominuição. O U.S. National Materials Advisory Board estimava ⁽¹⁾, no início da década de 1980, que aproximadamente 1,5% de toda a energia elétrica gerada nos EUA era consumida em cominuição. O órgão acreditava ainda que melhorias na eficiência e controle dos processos poderiam economizar 20 bilhões de kWh anualmente, algo em torno de 15% do total da energia elétrica consumida na Austrália em 1993.

É nesse contexto que ferramentas de otimização de processos ganham importância. A simulação computacional já é há algum tempo uma realidade na indústria mineral, ajudando os profissionais da área na prescrição de procedimentos que auxiliam na busca de aumento de desempenho para seus circuitos. Assim, por exemplo, taxas de alimentação são incrementadas sem prejuízo para o resultado granulométrico final e sem grandes despesas com realização de difíceis, e geralmente inconclusivos, testes em escala industrial.

Por tudo isso, acreditamos ser o trabalho de conclusão de curso uma excelente oportunidade para um estudante de Engenharia de Minas, em vias de entrar no mercado de trabalho, tomar

contato com o vasto potencial da simulação de processos de tratamento de minérios, bem como com a modelagem matemática que a alicerça.

2. Embasamento Teórico

2.1. Classes de Modelos Matemáticos de Cominuição

Antes de uma descrição pormenorizada do modelo matemático empregado neste trabalho, é interessante fornecer um panorama dos modelos matemáticos de cominuição mineral que alcançaram sucesso na aplicação em processos industriais.

Os modelos de cominuição podem ser divididos em duas classes principais. A primeira delas é a que reúne aqueles que consideram o equipamento apenas como um elemento de transformação da distribuição granulométrica do material, isto é, o que importa é modelar a redução conseguida da alimentação para o produto. A segunda, em contrapartida, engloba os detalhes envolvidos no processo de fragmentação.

Os modelos da primeira classe, muito comuns atualmente e conhecidos como “Black Box Models” (BBM), ajudam a prever a distribuição granulométrica do produto a partir da distribuição granulométrica da alimentação, da caracterização da fragmentação de um determinado material, e também a partir da experiência adquirida no acompanhamento da operação de equipamentos similares. O resultado final é inferido através de uma base de dados convenientemente formatada para a alimentação de um algoritmo específico. Os BBM são, portanto, considerados fenomenológicos na medida em que buscam, essencialmente, a representação dos resultados do processo quebra, ao invés de levarem excessivamente em conta princípios físicos envolvidos no

mesmo. Já os pertencentes à segunda classe, denominados fundamentais ou mecanicistas, consideram primordialmente, e à luz da mecânica newtoniana, as interações entre partículas do minério e elementos da máquina - corpos moedores de um moinho, por exemplo.

O desenvolvimento de modelos de cominuição, bem como sua ampla e efetiva utilização, sempre esteve condicionado à capacidade computacional disponível para a realização de trabalhosos cálculos - levemos em consideração, por exemplo, o tempo necessário para inverter uma matriz 30x30 sem auxílio de computador. Os pioneiros da modelagem, Austin, Lynch e Whiten, enfrentaram grandes limitações em termos de capacidade computacional, que os obrigaram à elaboração de modelos simples e elegantes. Um efeito negativo dos atuais recursos de processamento de dados e de realização de cálculos é, talvez, uma certa tendência à maior complexidade dos modelos matemáticos sem no entanto demonstrar ganhos significativos com isso. A modelagem dita fundamental encontra-se assim em um estágio de desenvolvimento inferior ao apresentado pela modelagem tipo BBM.

Na modelagem tipo BBM, como salientado, assume-se a distribuição granulométrica obtida no produto como uma função das características de tamanho e de dureza da alimentação, assim como das condições operacionais reinantes ao longo do processo de cominuição. Ou, matematicamente:

$$p = F(f, b, c, m, s, C) \quad (1)$$

Onde **f** e **p** são distribuições granulométricas da alimentação e do produto, respectivamente; **b** é uma matriz ou vetor normalizado de quebra; **m** relaciona-se a fatores chaves do equipamento;

s parametriza condições operacionais, tais como taxa de alimentação e C reúne um conjunto de parâmetros derivados experimentalmente de equipamentos similares.

Nesse tipo de modelagem utiliza-se a notação vetorial, de forma que os vetores de alimentação e descarga contêm vazões de cada faixa de tamanho presente. Analogamente, a função de quebra é descrita como um vetor de distribuição granulométrica após a quebra; mesmo tratamento é dado às taxas de seleção apresentadas pela operação.

O balanço de massas para uma fração de tamanho qualquer dentro do equipamento é um ponto importante da modelagem. Para situações de regime estacionário "steady-state", aquilo que entra, é o que sai; o balanço, então, é obtido apenas e tão somente de parametrizações a respeito da natureza da quebra e da mistura executadas. Já para situações fora do regime estacionário, ou, ainda, testes de bancada, pode-se estimar acúmulos e perdas nas diversas frações, o que aumenta o grau de complexidade das soluções propostas.

Para moinhos de bolas, duas correntes da abordagem BBM dominam o campo das modernas técnicas de simulação, a saber, o "Kinetic Model" (KM) e o "Perfect Mixing Model" (PMM), derivando do último o modelo de Whiten, objeto deste trabalho. Ambos diferem sobretudo quanto à parametrização das variáveis do processo. Hoje se sabe, todavia, que há mais semelhanças do que diferenças entre eles, podendo-se mesmo admiti-los como casos especiais do método de balanço populacional, muito embora tenham sido independentemente concebidos.

2.2. O Modelo Matemático de Britador de Whiten

A britagem, como os outros processos de cominuição, pode ser entendida como uma combinação sucessiva de eventos, simultâneos ou não, de seleção e de quebra. Dentro de um britador, os fragmentos de minério são "classificados": os muito grossos seguem diretamente para

a quebra; os muito finos, diretamente para o produto; enquanto a fração intermediária tem seu destino governado pela maior ou menor granulometria, ou seja, quanto maior o tamanho, maior a probabilidade de quebra. Tal probabilidade também é influenciada pela regulagem das aberturas de saídas (APF e APA) e pelo nível de afogamento da câmara, parâmetro este importante sob o ponto de vista da fragmentação partícula-partícula. As figuras 1.a e 1.b ilustram, de forma diferente, a base da modelagem do processo de britagem. Cada um dos fluxos é descrito através de um vetor contendo vazões nas diversas faixas granulométricas.

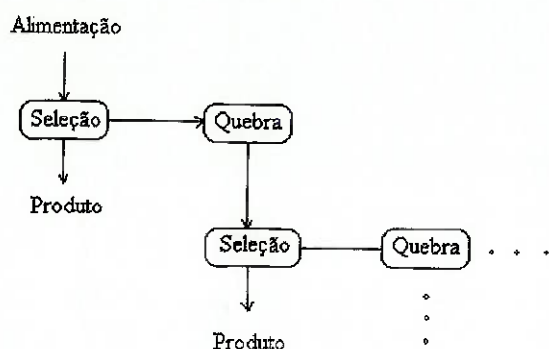


Figura 1.a - Seleção e quebra em um britador.

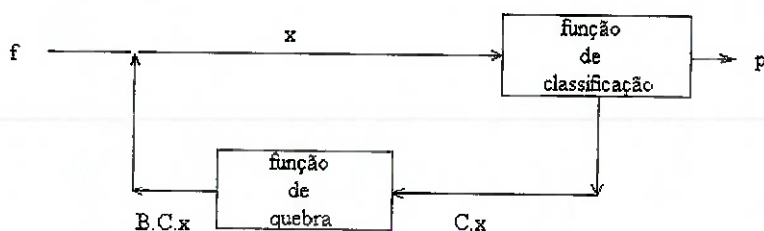


Figura 1.b - Representação esquemática do modelo de Whiten.

De acordo com a figura 1.b, o balanço de massas do processo é dado pelas seguintes equações:

$$x = f + B.C.x \quad (2)$$

$$x = p + C.x \quad (3)$$

Onde o vetor x representa a somatória, em cada faixa granulométrica, do material que entra na câmara de britagem; f é o vetor da distribuição granulométrica na alimentação; p é o vetor da distribuição granulométrica no produto; C é a função de classificação, uma matriz diagonal que descreve a proporção das partículas de cada intervalo selecionadas para a quebra; enquanto B é a função de fragmentação, uma matriz triangular inferior que descreve a distribuição relativa de cada fração granulométrica depois do evento quebra. Os vetores x , f e p são portanto fluxos mássicos em cada intervalo granulométrico.

Combinando as equações (1) e (2) de balanço de massas, chega-se à expressão abaixo:

$$p = (I - C) \cdot (I - B.C)^{-1} \cdot f \quad (4)$$

Onde I é a matriz identidade.

A função classificação é descrita da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} C(x) &= 0 & p/ \quad x < K_1 \\ C(x) &= 1 - [(K_2 - x)/(K_2 - K_1)]^{K_3} & p/ \quad K_1 < x < K_2 \\ C(x) &= 1 & p/ \quad x > K_2 \end{aligned} \quad (5)$$

A Figura 2 permite a visualização da forma de uma possível função classificação.

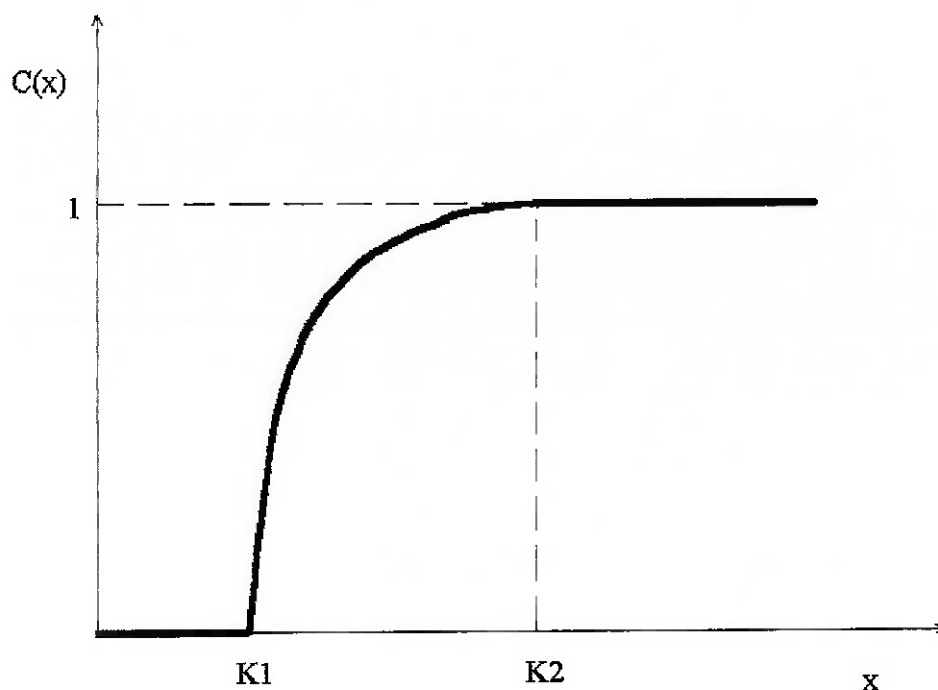


Figura 2 - Função classificação.

O parâmetro K_1 pode ser entendido como o tamanho abaixo do qual todas as partículas passam diretamente ao produto, enquanto o parâmetro K_2 representa o tamanho acima do qual todas as partículas são quebradas. O parâmetro K_3 , por sua vez, descreve a forma da função de classificação, definindo portanto a probabilidade de quebra das partículas com tamanho entre K_1 e K_2 . Esses parâmetros são determinados através de técnicas de ajuste do modelo a dados experimentais, via regressão linear múltipla. Os parâmetros da função C são específicos de cada equipamento e dependentes das condições operacionais específicas.

Os valores dos elementos que compõem a matriz B, ou distribuição após a quebra, são determinados por meio de testes laboratoriais de cominuição por impacto. Os testes são realizados sobre fragmentos individuais em dispositivos como o “drop-weight” ou o duplo-pêndulo, ilustrados nas Figuras 3.a e 3.b, respectivamente. O objetivo é associar valores de energia específica de cominuição (kWh/t) à fragmentação obtida nos ensaios .

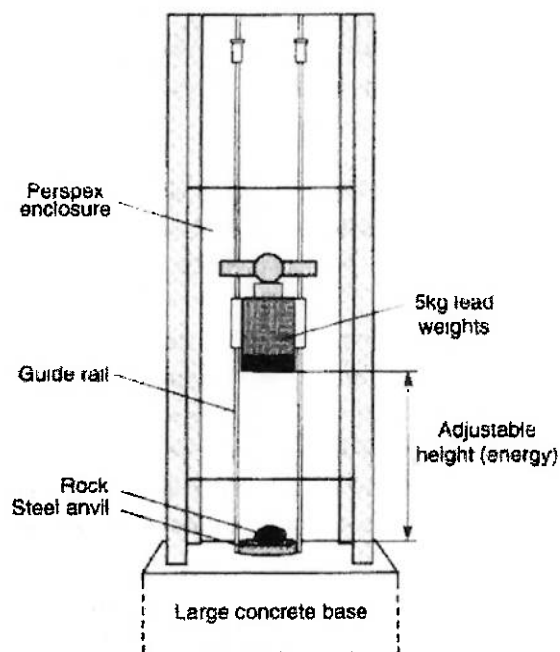


Figura 3.a - O “drop-weight” desenvolvido pelo JKMRC.

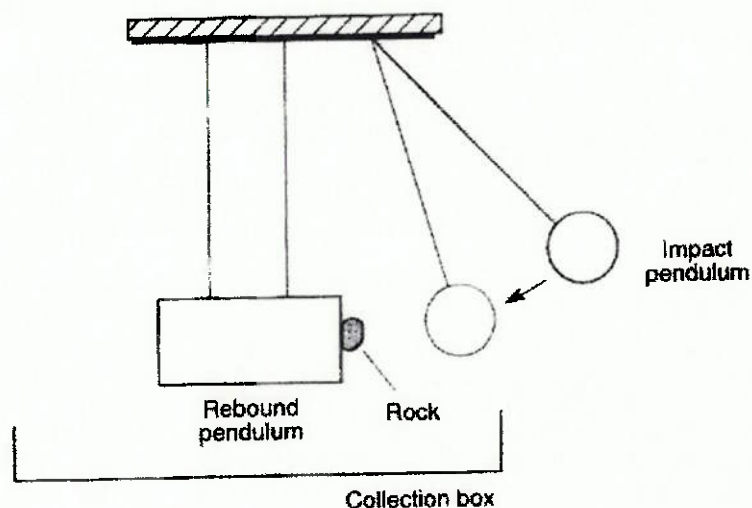


Figura 3.b - O duplo-pêndulo desenvolvido pelo JKMRC.

A distribuição granulométrica do produto, além da dependência em relação à APF, é função do tamanho e taxa de alimentação. O modelo de britador do JKMRC descreve a distribuição granulométrica após a quebra através do parâmetro t_{10} , definido como o percentual de produto passante em malha de abertura igual a um décimo do tamanho do fragmento original.

Grande parte dos minérios têm seu comportamento na britagem satisfatoriamente representado pela função de quebra dada pela tabela abaixo:

t_{10} (%)	t_{75}	t_{50}	t_{25}	t_4	t_2
10	2,8	3,3	5,4	21,2	49,6
20	5,7	7,2	10,3	45,0	74,9
30	8,1	10,8	15,7	61,4	85,2

Tabela 1 - Função de quebra adotada como "default" no JKSImMet.

O conceito dos outros t_n apresentados na Tabela 1 é análogo ao do t_{10} : t_2 é o percentual de produto passante em malha de abertura igual à metade do tamanho do fragmento original, por exemplo.

O programa de simulação de circuitos de tratamento de minérios utilizado, o JKSimMet, inclui uma série de equações paramétricas para os fatores K_1 , K_2 , K_3 e t_{10} . Foram utilizadas no trabalho as seguintes relações:

$$K_1 = A_0 + A_1.CSS - A_2.F_{80} \quad (6)$$

$$K_2 = B_0 + B_1.CSS + B_2.F_{80} + B_3.ET \quad (7)$$

$$K_3 = C_0 \quad (8)$$

$$t_{10} = D_0 - D_1.CSS - D_2.F_{80} \quad (9)$$

Onde **CCS** é a APF (mm); **F₈₀**, o tamanho (mm) da malha por qual passam 80% da alimentação e **ET** é o movimento excêntrico (mm).

3. Obtenção e Ajuste de Dados

A realização deste trabalho, em particular, não envolveu ensaio laboratorial para obtenção da função de quebra, tampouco envolveu amostragem de algum circuito real para determinação de fluxos mássicos ou de distribuições granulométricas proporcionadas por cada britador. O circuito

simulado foi desenhado no JKSImMet, isto é, trata-se a rigor de um conjunto de informações em linguagem de computador.

O objetivo, neste item, é descrever os procedimentos adotados na obtenção de dados e no ajuste dos mesmos ao modelo de britador discutido no item anterior. Então ficará claro como é possível prever o comportamento de um circuito de tratamento de minérios que existe apenas dentro de um simulador.

3.1. Obtenção de Dados

Os dados que alimentaram o programa foram coletados em curvas granulométricas fornecidas no manual técnico ⁽²⁾ da Svedala, fabricante de equipamentos de processamento mineral, e representam valores médios de porcentagem passante acumulada obtidos na britagem de rochas graníticas - Work Index de 14 kWh/t, peso específico aparente de 1,5 t/m³ e umidade inferior a 5%.

O primeiro passo, antes da leitura e da transferência dos valores para o simulador, foi a verificação da regularidade das distribuições granulométricas obtidas nas curvas. Diferentes aberturas de saída impostas ao britador geram produtos mais finos ou mais grossos, evidentemente. O que se procurou verificar, todavia, foi a constância na proporção entre certos tamanhos do produto. Para tanto, os valores dos top sizes associados a cada regulagem de abertura foram divididos por 75, 50, 25, 10, 4 e 2 e realizou-se a leitura das percentagens passantes em tamanhos assim determinados. As Tabelas 2, 3 e 4 evidenciam os resultados médios coletados; a variação em cada conjunto de t_n nunca foi superior a 4 pontos. Essa regularidade é um fator importante, pois garante a validade do posterior ajuste de dados para as diversas aberturas de saída a serem testadas durante as simulações. Tendo em vista a abrangência limitada dos gráficos e a necessidade de obtenção das percentagens associadas a pequenos tamanhos (t_{75} , t_{50} e t_{25}), as curvas

fornecidas tiveram que ser extrapoladas. A extrapolação foi realizada graficamente, respeitando-se a escala adotada no manual. Como mostram as Figuras 4, 5 e 6, as curvas granulométricas utilizadas apresentam um acentuado paralelismo entre si, o que facilitou o procedimento.

A etapa seguinte foi a transferência, para o simulador, da distribuição granulométrica segundo uma determinada abertura de saída, para que o ajuste dos dados pudesse ser iniciado.

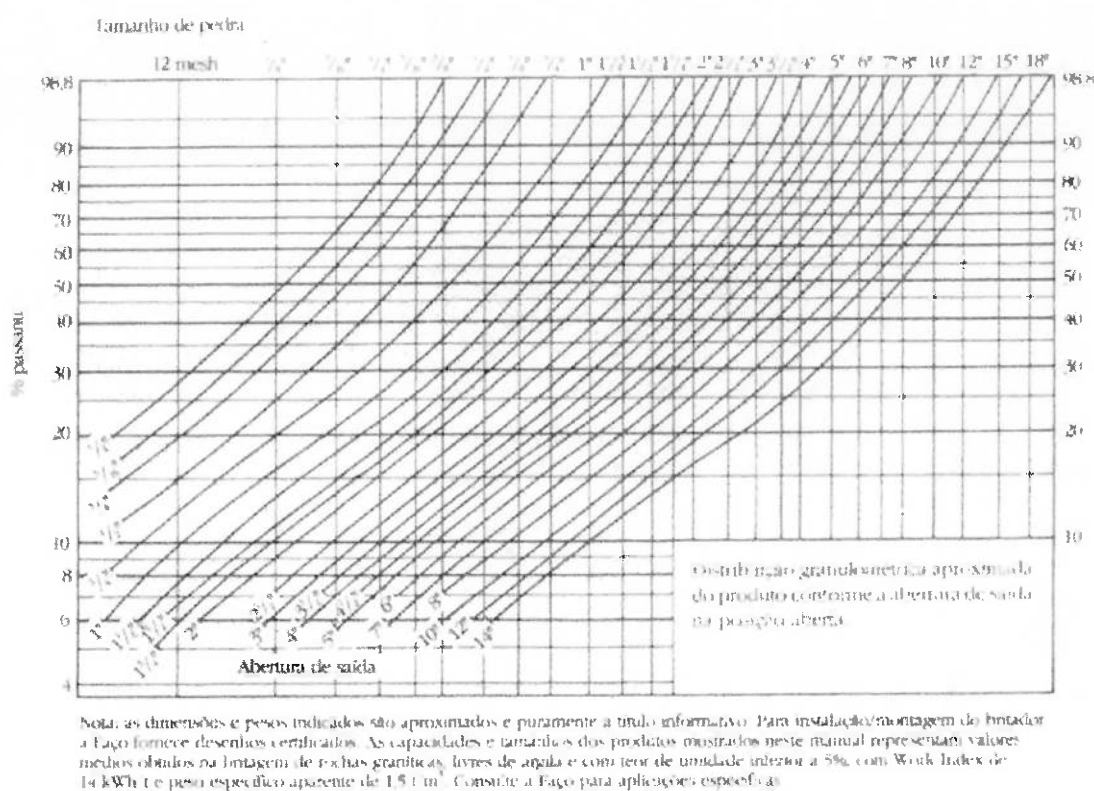


Figura 4 - Curvas granulométricas. Britadores de mandíbulas.

	t_{75}	t_{50}	t_{25}	t_{10}	t_4	t_2
médias (%)						

Tabela 2 - t_n médios associados às curvas granulométricas dos britadores de mandíbulas.

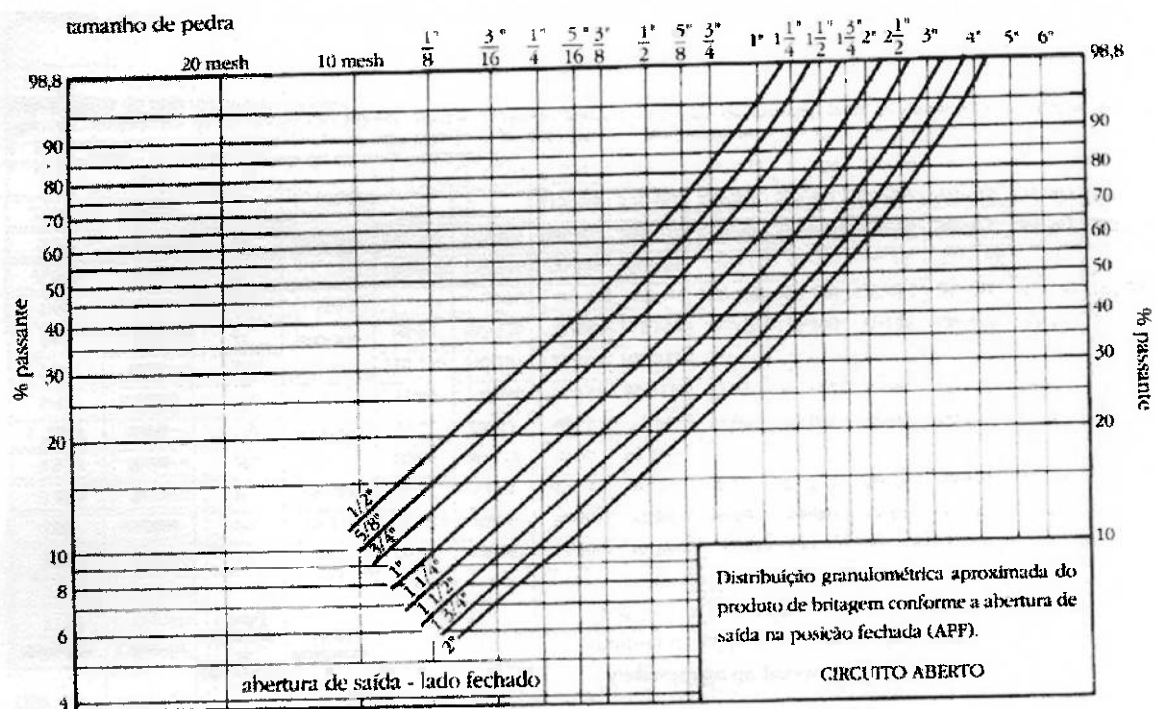


Figura 5 - Curvas granulométricas. Hydrocones, câmara para grossos.

	t_{75}	t_{50}	t_{25}	t_{10}	t_4	t_2
médias (%)	3,0	4,0	7,0	16,0	36,0	67,0

Tabela 3 - t_n médios associados às curvas granulométricas dos Hydrocones, câmara para grossos

Figura 6 - Curvas granulométricas. Rebritadores Hypercones da série RB.

	t_{75}	t_{50}	t_{25}	t_{10}	t_4	t_2
médias (%)	1,5	2,5	4,5	10,0	24,0	45,0

Tabela 4 - t_n médios associados às curvas granulométricas dos Hypercones da série RB.

3.2. Ajuste de Dados

O ajuste dos dados ao modelo é uma etapa crucial dentro dos procedimentos que antecedem a simulação, pois influencia na qualidade e coerência das respostas fornecidas por ela. Ajustar significa determinar as constantes presentes nas expressões (6), (7), (8) e (9) dos fatores K_1 , K_2 , K_3 e t_{10} , respectivamente. O trabalho de ajuste será tanto mais fácil, quanto mais bem feita e meticulosa tenha sido a etapa de obtenção de dados.

Cada um dos britadores utilizados no circuito precisou ter seus resultados de manual ajustados ao modelo. Os Anexos 1, 2 e 3 mostram, nessa ordem, os ajustes realizados no britador primário (de mandíbulas), no britador secundário e no britador terciário (ambos de cone). O britador terciário, por operar em circuito fechado, foi ajustado juntamente com uma peneira. Todavia, não abordaremos o modelo matemático de peneiramento, basta dizer que é mais um, entre os disponíveis no pacote do simulador. Passemos ao método de ajuste propriamente dito.

Após definição de um fluxo de material na alimentação (t/h) e entrada da distribuição granulométrica do produto, obtida numa dada abertura de saída (APA, no caso do britador de mandíbulas; APF, nos rebritadores de cone), o vetor p das expressões (1), (3) e (4) já está incorporado ao programa. O passo seguinte, como não dispunhamos de dados experimentais sobre a alimentação, foi traçar uma curva de distribuição granulométrica paralela à curva do produto e, dessa maneira, definir o vetor f das expressões (1), (2) e (4). Para tanto, admitiu-se uma relação de redução de aproximadamente 2,5 no britador primário e, nos estágios subsequentes, RR de aproximadamente 3,8.

A função de quebra B utilizada foi a “default” do programa, mostrada na Tabela 1. Quanto à função de classificação C , sua determinação é resultado da atribuição de valores e de erros associados à abertura de saída na posição fechada, CCS, ao movimento do excêntrico, ET, e ao tamanho por qual passam 80% da alimentação, F_{80} . CCS e ET foram obtidos no manual do

fabricante, enquanto F_{80} foi lido na curva de distribuição granulométrica da alimentação. De posse de tais valores, o programa utiliza as expressões (6) e (7) para determinar a função de classificação, apresentada no conjunto de expressões (5).

A pergunta que deve ser feita constantemente durante o processo de ajuste é: qual a confiabilidade desses dados? A boa atribuição de erros associados aos valores experimentais tem grande peso no resultado final. No JKSImMet, a qualidade do ajuste executado pode ser conferida graficamente. Por exemplo, conferindo-se quão bem uma curva cobre pontos experimentais plotados.

Terminados os ajustes, os modelos são gravados e podem ser usados, a qualquer tempo, na construção de circuitos e na simulação dos mesmos.

4. Simulações

As simulações, objetivo final da modelagem realizada, envolvem um circuito composto por três estágios de britagem. As britagens primária e secundária são executadas em regime aberto. A britagem terciária é em regime fechado, ou seja, seu produto passa por uma peneira e o material retido na malha retorna ao rebitador para atingir a especificação de tamanho requerida. A mesma peneira serve ao escalpe dos finos provenientes do segundo estágio. O britador de mandíbulas do primário é um 12090E da série Jawmaster. A britagem secundária está a cargo de um rebitador Hydrocone 1051; enquanto na terciária, o equipamento usado é o rebitador Hypercone 90RBF. Todos pertencentes à linha de britadores da Svedala.

As condições operacionais variadas são a APF do terciário e a abertura da malha da peneira. A primeira das simulações rodadas no programa é denominada Caso Base, tendo as referidas

aberturas sido fixadas em 1/2"; na segunda, nomeada Simulação 1, as condições testadas são aberturas de 3/4"; o teste final, ou Simulação 2, é o que opera com as maiores aberturas, 1" tanto para APF quanto para a malha da peneira. Em todas as situações, adota-se uma taxa de alimentação de 167 t/h.

A Tabela 5 resume os resultados alcançados em cada simulação. O Anexo 4 expõe esses resultados em detalhe. No mesmo anexo, também é apresentado o fluxograma do circuito simulado.

Nome do teste	CASO BASE	SIMULAÇÃO 1	SIMULAÇÃO 2
# da peneira / APF do terciário	12,7 mm	19,1 mm	25,4 mm
Carga circulante	134 t/h	93 t/h	72,6 t/h
P ₈₀ do produto final (undersize)	9,4 mm	11,7 mm	13,2 mm

Tabela 5 - Resumo dos resultados obtidos nas simulações.

As simulações evidenciaram como se pode monitorar, controlar e corrigir a operação de um circuito de britagem. A carga circulante estava muito elevada na situação do Caso Base, chegando perto do nível apresentado pela taxa de alimentação nova. O aumento da APF do terciário e da abertura da malha da peneira garantiu níveis melhores de recirculação no estágio fechado, com a vazão mássica caindo em quase 50%. É claro que isso teve um preço, o aumento do P₈₀ no undersize da peneira.

5. Conclusões

a) O trabalho possibilitou o contato com conceitos envolvidos na modelagem matemática de equipamentos de britagem. Isso se deu tanto através do estudo, na literatura existente, do modelo matemático de britador proposto por Whiten, como por meio de informações e explicações obtidas junto ao orientador.

b) Os conceitos adquiridos no estudo do modelo mostraram-se de grande valia para nortear o procedimento de aquisição de dados, totalmente realizado em curvas granulométricas fornecidas em manual técnico de equipamentos de britagem.

c) Realizou-se, com sucesso, o ajuste dos dados colhidos ao modelo matemático de britador disponível no JKSimMet. Mais uma vez, foi necessário a utilização dos conceitos adquiridos, para garantir a qualidade da futura simulação. O bom ajuste dos dados depende principalmente da qualidade do processo de obtenção dos mesmos, bem como do conhecimento de quais são os fatores e parâmetros relevantes em cada situação experimental enfrentada.

d) Foram feitas simulações computacionais de um circuito de britagem montado a partir dos modelos previamente ajustados. Tais simulações chegaram a resultados coerentes, que comprovaram a boa execução das etapas preliminares e permitiram a solução de um problema real enfrentado pelo circuito, a saber, a elevada carga circulante quando imposta uma APF de 1/2" no rebritador no estágio terciário.

e) Verificou-se o grande poder da ferramenta na execução de testes em que são variadas condições operacionais dos elementos do circuitos de britagem. Sem o auxílio do simulador, esses testes pediriam grande dispêndio de tempo e trabalho em regulagens nas máquinas reais, associadas no “layout” apresentado em fluxograma. O simulador otimiza sobremaneira a verificação de alternativas operacionais para o circuito em análise.

f) A aplicação de programas de simulação em processos de tratamento mineral segue uma forte tendência verificada atualmente: cada vez mais, procuram-se meios de melhorar a qualidade dos produtos. Programas simuladores permitem grandes e rápidas investigações nessa área, podem até mesmo criar novos nichos de mercado para empresas que deles se utilizam.

g) Durante toda a realização do trabalho, ficou claro que a concretização das potencialidades mostradas por esses programas depende de constante julgamento crítico das pessoas que os operam. O processo de obtenção de resultados satisfatórios e confiáveis e que permitam depois otimização da instalação é interativo, sendo o homem e sua bagagem técnica o fiel da balança. Em outras palavras, as respostas encontradas pela máquina devem passar pela “peneira” do bom senso humano.

6. Referências

- (1) Napier-Munn T.J., Morrell S., Morrison R.D. e Kojovic T. 1996. Mineral Comminution Circuits -Their Operation and Optimisation. University of Queensland (JKMRC).
- (2) Manual de Britagem Faço. 1994. 5ª edição.

(3) JKSimMet - Steady State Mineral Processing Simulator - USER MANUAL.

ANEXO 1
AJUSTE DO BRITADOR PRIMÁRIO

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

5:40 pm Fri Nov 21 1997

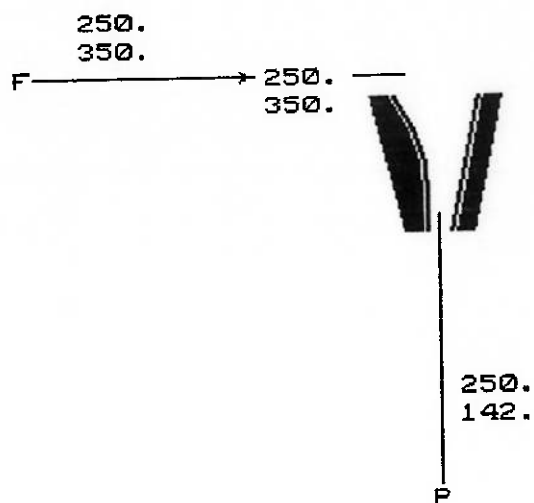
USER: LEARNER

TEST: SVEDAJAW

CIRCUIT: c1

Window data : TPH Solids

Bottom Window data : 80.0% Passing size



KTech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

5:40 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: SVEDAJAW

CIRCUIT: c1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

feed

TPH Solids	250.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	13.16
% Solids	95.0
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	102.44

% Passing 5.00mm	1.75
80.0% passes(mm)	349.96

SIZINGS

Top Size	558.mm	0.00
Size 1	508.mm	3.76
Size 2	457.mm	3.09
Size 3	381.mm	8.21
Size 4	305.mm	13.92
Size 5	254.mm	11.78
Size 6	204.mm	11.32
Size 7	153.mm	10.41
Size 8	103.mm	9.43
Size 9	50.9mm	11.47
Size 10	25.5mm	7.74
Size 11	19.06mm	1.62
Size 12	11.12mm	2.28
Size 13	6.36mm	2.55
Size 14	3.37mm	1.42
Size 15	1.01mm	0.8102
Size 16	0.850mm	0.03929
Size 17	0.600mm	0.06106
Size 18	0.300mm	0.05955
Size 19	0.150mm	.008887
Size 20	0.00mm	.001137

KTech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

5:40 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: SVEDAJAW

CIRCUIT: c1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

discharge

TPH Solids	250.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	13.22
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	102.51

% Passing 5.00mm	4.79
80.0% passes(mm)	141.66

SIZINGS

Top Size	222.5mm	0.00
Size 1	204.mm	4.78
Size 2	153.mm	11.12
Size 3	103.mm	23.66
Size 4	50.9mm	28.77
Size 5	25.5mm	14.19
Size 6	19.06mm	3.21
Size 7	11.12mm	4.45
Size 8	6.36mm	4.05
Size 9	3.37mm	2.33
Size 10	1.01mm	1.71
Size 11	0.850mm	0.1376
Size 12	0.600mm	0.2404
Size 13	0.298mm	0.3569
Size 14	0.250mm	0.06716
Size 15	0.150mm	0.1663
Size 16	0.106mm	0.09425
Size 17	0.075mm	0.0815
Size 18	0.00mm	0.5883

Size 6	0.2839	0.00
Size 7	0.1843	0.00
Size 8	0.1139	0.00
Size 9	0.06777	0.00
Size 10	0.04242	0.00
Size 11	0.02877	0.00
Size 12	0.02118	0.00
Size 13	0.01684	0.00
Size 14	0.01404	0.00
Size 15	0.01038	0.00
Size 16	0.006169	0.00
Size 17	0.004088	0.00
Size 18	0.003542	0.00
Size 19	0.003109	0.00
Size 20	0.00273	0.00
Size 21	0.002397	0.00
Size 22	0.002104	0.00
Size 23	0.001847	0.00
Size 24	0.001622	0.00
Size 25	0.001424	0.00
Size 26	0.00125	0.00
Size 27	0.001097	0.00
Size 28	.0009633	0.00
Size 29	.0008457	0.00
Size 30	.0007424	
Size 31	0.005339	

USER: LEARNER

TEST: SVEDAJAW

JAW CRUSHER

Unit: jaw crusher

Feed streams
feedProduct streams:
1) discharge

Model: Andersen/Whiten

2)
3)

UNIT FEED DENSITY		PER UNIT FEED DATA	
Controlled by: % Solids			
Required % solids	94.98%	Solids flow	250.tph
New water addition	0.06226m3/h	Water flow	13.22tph
		% solids	94.98%
		Volume	102.51m3/h

Number of crushers in parallel 1.00

OPERATING DATA			
Closed side setting	CSS	127.mm	
Liner Length	Llen	0.00mm	
Eccentric Throw	ET	25.4mm	
Liner Hours	LHr	0.00Hours	
Crusher Feed Rate	TPH	250.tph	
Crusher Feed 80% passing size	F80	349.7mm	
Crusher Product 80% passing size	P80	130.99mm	

CLASSIFICATION EQUATIONS					
K1	181.7=	0.880*CSS+	0.00*TPH+	0.200*F80+	0.00*Llen+
K2	175.=	0.3778*CSS+	0.00*TPH+	0.00*F80+	0.00*LHr +
K3	2.30=	2.30			5.00*ET+ 0.00

BREAKAGE EQUATION			
t10	10.98=	.04706*CSS +	0.00*TPH + 0.00*F80 + 5.00

APPEARANCE FUNCTION DATA					
t10	t75	t50	t25	t4	t2 (Relative size)
10.0	2.80	3.30	5.40	21.2	49.6
20.0	5.70	7.20	10.3	45.0	74.9
30.0	8.10	10.8	15.7	61.4	85.2
					% passing

POWER CALCULATIONS			
Measured Power	Measured	Model fit SD	Wt. Error
= 100.kW	100.kW	10.0kW	0.00kW
Calc. Power 73.01kW	= Pendulum Power 44.18*	1.20 + No Load Power 20.0	

PENDULUM DERIVED SPECIFIC COMMINUTION ENERGY			
t10	14.5	20.6	28.9 Initial particle size (mm)
10.0	0.300	0.300	0.300
20.0	0.800	0.700	0.500
30.0	1.40	1.10	0.700
			Ecs (kWh/t)

EXPANDED CONVERSION FUNCTION DATA		
Internal sizing	Appearance	Classification
(/2 series)	@ Size 250. mm	
Top Size 718.42mm	0.00	1.00
Size 2	0.00	1.00
Size 3	0.00	1.00
Size 4	0.00	1.00
Size 5	0.1773	0.1111

ANEXO 2

AJUSTE DO BRITADOR SECUNDÁRIO

KTech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

5:47 pm Fri Nov 21 1997

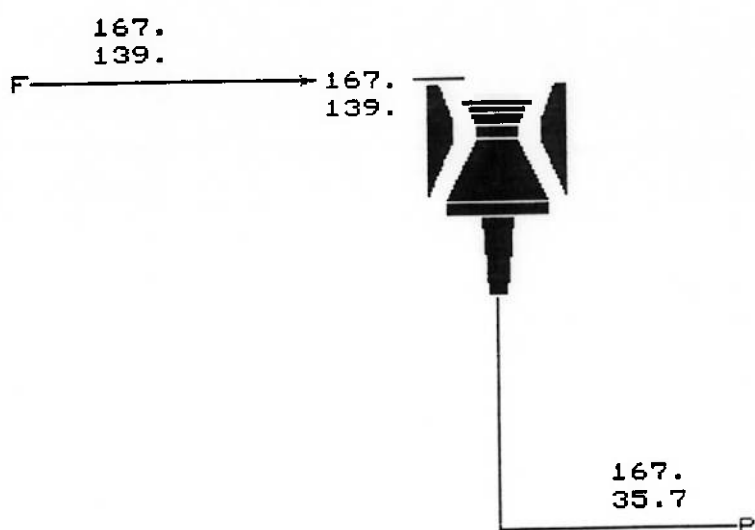
USER: LEARNER

TEST: SVEDHYDR

CIRCUIT: cone

Top Window data : TPH Solids

Bottom Window data : 80.0% Passing size



USER: LEARNER

TEST: SVEDHYDR

STREAM data

Stream: alim

Feed to: hydrocone c/gro

Product of:

Sizing Format: % Retained

Item	Exp value	Cal value
TPH Solids	167.tph	167.tph
Solids S.G.	2.80t/m3	
TPH Water	8.79tph	8.79tph
% Solids	95.0%	95.0%
Pulp S.G.	2.57t/m3	2.57t/m3
V. Flowrate	68.43m3/h	68.43m3/h
% Passing 5.00mm	5.29%	5.29%
80.0% passes	139.25mm	139.28mm
SIZINGS		
Top Size 222.5mm	0.00%	0.00%
Size 1 204.mm	3.45%	3.45%
Size 2 153.mm	11.31%	11.33%
Size 3 103.mm	24.88%	24.86%
Size 4 50.9mm	27.66%	27.66%
Size 5 25.5mm	12.83%	12.83%
Size 6 19.06mm	3.95%	3.95%
Size 7 11.12mm	5.72%	5.71%
Size 8 6.36mm	3.73%	3.73%
Size 9 3.37mm	2.79%	2.79%
Size 10 1.01mm	2.58%	2.58%
Size 11 0.850mm	0.180%	0.180%
Size 12 0.600mm	0.280%	0.2803%
Size 13 0.298mm	0.340%	0.340%
Size 14 0.250mm	0.050%	0.04949%
Size 15 0.150mm	0.100%	0.1005%
Size 16 0.106mm	0.050%	0.04987%
Size 17 0.075mm	0.035%	0.03503%
Size 18 0.00mm	0.065%	0.065%

USER: LEARNER

TEST: SVEDHYDR

STREAM data

Stream:prod

Feed to:

Product of:hydrocone c/gr

Sizing Format: % Retained

Item	Exp value	Cal value
TPH Solids	167.tph	167.tph
Solids S.G.	2.80t/m3	
TPH Water	8.79tph	8.79tph
% Solids	95.0%	95.0%
Pulp S.G.	2.57t/m3	2.57t/m3
V. Flowrate	68.43m3/h	68.43m3/h
% Passing 5.00mm	14.65%	15.42%
80.0% passes	35.3mm	35.73mm
SIZINGS		
Top Size 63.5mm	0.00%	0.00%
Size 1 50.8mm	4.00%	3.94%
Size 2 44.5mm	4.00%	4.75%
Size 3 38.1mm	8.00%	7.94%
Size 4 31.8mm	10.0%	10.06%
Size 5 25.4mm	14.0%	11.6%
Size 6 22.2mm	6.00%	6.59%
Size 7 19.0mm	8.00%	7.12%
Size 8 15.9mm	6.00%	7.20%
Size 9 12.7mm	7.00%	7.55%
Size 10 9.53mm	8.00%	7.45%
Size 11 7.94mm	4.00%	3.65%
Size 12 6.35mm	3.00%	3.63%
Size 13 4.76mm	4.00%	3.72%
Size 14 3.18mm	4.00%	3.97%
Size 15 1.68mm	3.50%	4.13%
Size 16 0.00mm	6.50%	6.71%

USER: LEARNER

TEST: SVEDHYDR

GYRATORY CRUSHER

Unit: hydrocone c/gro

Feed streams
alim

Product stream

1)prod

2)

3)

Model: Andersen/Whiten

UNIT FEED DENSITY

PER UNIT FEED DATA

Controlled by: Feed Streams			
Required % solids	0.00%	Solids flow	167.tph
New water addition	0.00m3/h	Water flow	8.79tph
		% solids	95.0%
		Volume	68.43m3/h

Number of crushers in parallel 1.00

OPERATING DATA

Closed side setting	CSS	25.4mm
Liner Length	Llen	0.00mm
Eccentric Throw	ET	25.4mm
Liner Hours	LHr	0.00Hours
Crusher Feed Rate	TPH	167.tph
Crusher Feed 80% passing size	F80	139.69mm
Crusher Product 80% passing size	P80	35.85mm

CLASSIFICATION EQUATIONS

K1	9.35=0.1714*CSS+	0.00*TPH+	0.00*F80+	0.00*Llen+	5.00
K2	262.31=	1.64*CSS+	0.00*TPH+	0.00*F80+	0.00*LHr + 0.613*ET+ 5.00
K3	6699=	.6699			

BREAKAGE EQUATION

t10	8.92=	0.2331*CSS +	0.00*TPH +	0.00*F80 +	3.00
-----	-------	--------------	------------	------------	------

APPEARANCE FUNCTION DATA

t10	t75	t50	t25	t4	t2	(Relative size)
10.0	2.80	3.30	5.40	21.2	49.6	] — % passing
20.0	5.70	7.20	10.3	45.0	74.9	
30.0	8.10	10.8	15.7	61.4	85.2	

POWER CALCULATIONS

	Measured	Modelfit SD	Wt. Error
Measured Power =	375.kW	37.5kW	0.00kW
Calc. Power	179.19kW =	PendulumPower 82.66*	1.20 + No Load Power 80.0

PENDULUM DERIVED SPECIFIC COMMINUTION ENERGY

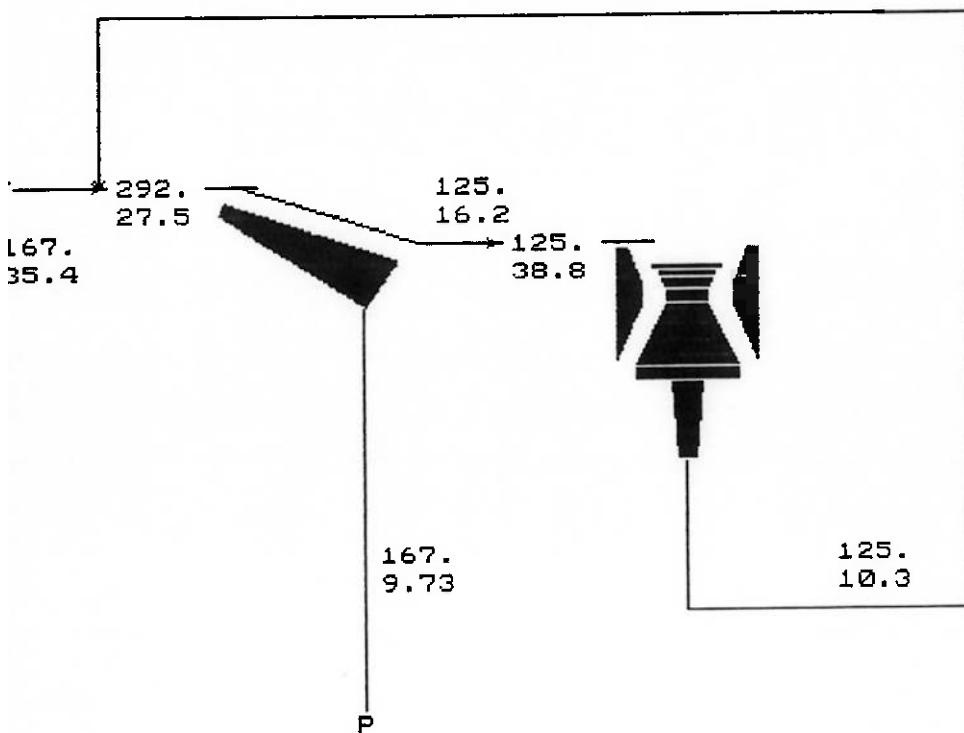
t10	14.5	20.6	28.9	Initial particle size (mm)
10.0	0.300	0.300	0.300	] — Ecs (kWh/t)
20.0	0.800	0.700	0.500	
30.0	1.40	1.10	0.700	

EXPANDED CONVERSION FUNCTION DATA

Internal sizing (/2 series)	Appearance @ Size 25.0 mm	Classification
Top Size 288.5mm	0.00	1.00
Size 2	0.00	1.00
Size 3	0.00	1.00
Size 4	0.00	1.00
Size 5	0.00	0.886

Size 6	0.00	0.5036
Size 7	0.00	0.2942
Size 8	0.00	0.1641
Size 9	0.2307	0.07799
Size 10	0.2975	0.01968
Size 11	0.1803	0.00
Size 12	0.1022	0.00
Size 13	0.05475	0.00
Size 14	0.03142	0.00
Size 15	0.02053	0.00
Size 16	0.01561	0.00
Size 17	0.01368	0.00
Size 18	0.01273	0.00
Size 19	0.009494	0.00
Size 20	0.004858	0.00
Size 21	0.002652	0.00
Size 22	0.002325	0.00
Size 23	0.002095	0.00
Size 24	0.001888	0.00
Size 25	0.001702	0.00
Size 26	0.001534	0.00
Size 27	0.001382	0.00
Size 28	0.001246	0.00
Size 29	0.001123	0.00
Size 30	0.001012	
Size 31	0.009237	

ANEXO 3
AJUSTE DO BRITADOR TERCIÁRIO
(CIRCUITO FECHADO)



USER: LEARNER

TEST: SVEDCONE

CIRCUIT: c1

*STREAMS data*Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

alin

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.79
% Solids	95.0
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.43

% Passing 5.00mm	14.64
80.0% passes(mm)	35.39

SIZINGS

Top Size	63.5mm	0.00
Size 1	50.8mm	4.00
Size 2	44.5mm	4.37
Size 3	38.1mm	7.51
Size 4	31.8mm	10.7
Size 5	25.4mm	13.43
Size 6	22.2mm	7.12
Size 7	19.0mm	6.95
Size 8	15.9mm	6.24
Size 9	12.7mm	6.69
Size 10	9.53mm	8.12
Size 11	7.94mm	3.59
Size 12	6.35mm	3.28
Size 13	4.76mm	4.01
Size 14	3.18mm	3.99
Size 15	1.68mm	3.50
Size 16	0.00mm	6.50

TECH - Homero Delboni Jr. JKSimMet
USER: LEARNER TEST: SVEDCONE

5:52 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: c1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

	prod	o/s	u/s
TPH Solids	124.78	124.78	167.
Solids S.G.	2.80	2.80	2.80
TPH Water	0.4626	0.4626	8.79
% Solids	99.63	99.63	95.0
Pulp S.G.	2.78	2.78	2.57
V. Flowrate	45.03	45.03	68.43
% Passing 5.00mm	37.23	1.81	41.21
80.0% passes(mm)	10.3	16.17	9.73

SIZINGS			
	prod	o/s	u/s
Top Size 19.1mm	0.00	0.00	0.00
Size 1 12.7mm	2.69	91.11	0.9277
Size 2 11.1mm	9.64	4.15	5.49
Size 3 9.50mm	17.38	2.30	16.81
Size 4 7.90mm	15.0	0.6309	16.86
Size 5 6.35mm	9.19	0.00	8.96
Size 6 4.76mm	10.71	0.00	11.81
Size 7 3.18mm	10.51	0.2763	11.69
Size 8 1.41mm	11.47	0.5579	12.34
Size 9 0.840mm	3.94	0.2548	4.40
Size 10 0.420mm	3.14	0.2333	3.68
Size 11 0.00mm	6.33	0.4837	7.03

USER: LEARNER

TEST: SVEDCONE

GYRATORY CRUSHER

Unit: cone Feed streams Product stream
o/s 1)prod
2)
3)
Model: Andersen/Whiten

UNIT FEED DENSITY

PER UNIT FEED DATA

Controlled by: Feed Streams

Required % solids	0.00%	Solids flow	124.78tph	% solids	99.63%
New water addition	0.00m3/h	Water flow	0.4626tph	Volume	45.03m3/h

Number of crushers in parallel 1.00

OPERATING DATA

Closed side setting	CSS	12.7mm
Liner Length	Llen	0.00mm
Eccentric Throw	ET	8.00mm
Liner Hours	LHr	0.00Hours
Crusher Feed Rate	TPH	124.78tph
Crusher Feed 80% passing size	F80	38.79mm
Crusher Product 80% passing size	P80	10.14mm

CLASSIFICATION EQUATIONS

$$K112.71 = 0.3429 * CSS + 0.00 * TPH + 0.00 * F80 + 0.00 * Llen + 8.36$$

$$K213.17 = 0.01215 * CSS + 0.00 * TPH + 0.00 * F80 + 0.00 * LHr + 0.3769 * ET + 10.0$$

$$K3.2672 = .2672$$

BREAKAGE EQUATION

$$t10 \ 13.24 = 0.7425 * CSS + 0.00 * TPH + 0.00 * F80 + 3.81$$

APPEARANCE FUNCTION DATA

t10	t75	t50	t25	t4	t2	(Relative size)
10.0	2.80	3.30	5.40	21.2	49.6	} % passing
20.0	5.70	7.20	10.3	45.0	74.9	
30.0	8.10	10.8	15.7	61.4	85.2	

POWER CALCULATIONS

	Measured	Modelfit SD	Wt. Error
Measured Power =	375.kW	37.5kW	0.00kW
Calc. Power	157.63kW	PendulumPower 64.69*	1.20 + No Load Power 80.0

PENDULUM DERIVED SPECIFIC COMMINUTION ENERGY

t10	14.5	20.6	28.9	Initial particle size (mm)
10.0	0.300	0.300	0.300	} Ecs (kWh/t)
20.0	0.800	0.700	0.500	
30.0	1.40	1.10	0.700	

EXPANDED CONVERSION FUNCTION DATA

Internal sizing (/2 series)	Appearance @ Size 25.0 mm	Classification
Top Size 71.84mm	0.00	1.00
Size 2	0.00	1.00
Size 3	0.00	1.00
Size 4	0.00	1.00
Size 5	0.1242	0.9291
Size 6	0.2677	0.00
Size 7	0.1849	0.00
Size 8	0.1244	0.00
Size 9	0.08205	0.00
Size 10	0.05529	0.00
Size 11	0.03846	0.00

Size 12	0.02756	0.00
Size 13	0.02033	0.00
Size 14	0.01534	0.00
Size 15	0.01123	0.00
Size 16	0.00774	0.00
Size 17	0.005855	0.00
Size 18	0.004992	0.00
Size 19	0.00428	0.00
Size 20	0.003669	0.00
Size 21	0.003146	0.00
Size 22	0.002697	0.00
Size 23	0.002312	0.00
Size 24	0.001982	0.00
Size 25	0.001699	0.00
Size 26	0.001457	0.00
Size 27	0.001249	0.00
Size 28	0.001071	0.00
Size 29	.000918	0.00
Size 30	.000787	
Size 31	0.004729	

USER: LEARNER

TEST: SVEDCONE

SINGLE DECK SCREEN

Unit: screen

Feed streams

Product stream

alim

1)o/s

prod

2)

3)u/s

Model: Efficiency Curve

UNIT FEED DENSITY

PER UNIT FEED DATA

Controlled by: Feed Streams

Required % solids 0.00%

New water addition 0.00m3/h

Solids flow 291.78tph

Water flow 9.25tph

% solids 96.93%

Volume 113.46m3/h

OPERATING CONDITIONS

% Water split to fines product

C

95.0

EFFICIENCY CURVE PARAMETERS

Efficiency curve sharpness parameter α 11.58Efficiency curve dip factor β 0.100

Corrected d50 d50c 12.7mm

Efficiency curve parameter β^* 1.02

ANEXO 4
SIMULAÇÕES

CASO BASE

ABERTURA DA PENEIRA E APF DO TERCIÁRIO: 1/2"

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

6:02 pm Fri Nov 21 1997

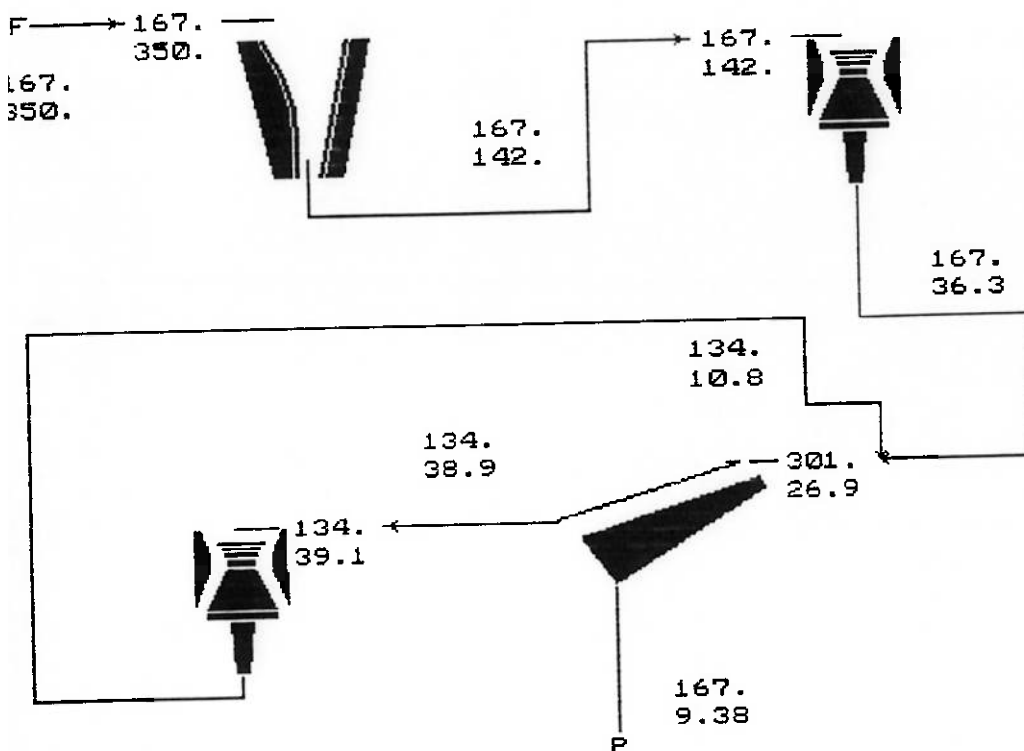
USER: LEARNER

TEST: BRIT.SIM

CIRCUIT: cct1

Window data : TPH Solids

Bottom Window data : 80.0% Passing size



Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet
USER: LEARNER TEST: BRIT.SIM

5:59 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: cctl

JAW CRUSHER

Model: Andersen/Whiten

br prim

Number of Crushers 1.00

Operating data
Closed side set. (mm) 127.
Liner Length (mm) 0.00
Eccentric Throw (mm) 25.4
Liner Hours (Hours) 0.00
Cr. Feed Rate (TPH) 167.
Cr. Feed F80 (mm) 349.7
Cr. Prod P80 (mm) 130.26

Classification equation data

Parameter K1 181.7
derived from CSS * 0.880
+ TPH feed * 0.00
+ F80 * 0.200
+ Liner Length * 0.00
+ 0.00

Parameter K2 174.98
derived from CSS * 0.3778
+ TPH feed * 0.00
+ F80 * 0.00
+ Liner Hours * 0.00
+ Eccentric Throw * 5.00
+ 0.00

Parameter K3 2.30

Reduction Parameter equation

Parameter T10 10.98
derived from CSS * 0.04706
+ TPH feed * 0.00
+ F80 * 0.00
+ 5.00

Power equation

Calc. Power (kW) 55.41
derived from 29.51
pendulum power * 1.20
+ no load power 20.0

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

5:59 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: BRIT.SIM

CIRCUIT: cct1

GYRATORY CRUSHER

Model: Andersen/Whiten

br sec brit terc

Number of Crushers 1.00 1.00

Operating data

Closed side set. (mm)	25.4	12.7
Liner Length (mm)	0.00	0.00
Eccentric Throw (mm)	25.4	8.00
Liner Hours (Hours)	0.00	0.00
Cr. Feed Rate (TPH)	167.	133.59
Cr. Feed F80 (mm)	130.26	38.98
Cr. Prod P80 (mm)	36.1	10.76

Classification equation data

Parameter K1	9.35	12.71
derived from CSS *	0.1714	0.3429
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+ Liner Length *	0.00	0.00
+	5.00	8.36
Parameter K2	62.31	13.17
derived from CSS *	1.64	0.01215
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+ Liner Hours *	0.00	0.00
+ Eccentric Throw *	0.613	0.3769
+	5.00	10.0
Parameter K3	0.6699	0.2672

Reduction Parameter equation

Parameter T10	8.92	13.24
derived from CSS *	0.2331	0.7425
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+	3.00	3.81

Power equation

Calc. Power (kW)	177.56	161.22
derived from	81.3	67.68
pendulum power *	1.20	1.20
+ no load power	80.0	80.0

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

USER: LEARNER

TEST: BRIT.SIM

5:59 pm Fri Nov 21 1997

CIRCUIT: cct1

SINGLE DECK SCREEN

Model: Efficiency Curve

peneir

Operating conditions

% Water to Fines 95.0

Efficiency curve parameters

Efficy. Curve Sharp. 11.58

Efficiency Curve Dip 0.100

Corrected D50 12.7

Tech - Homero Delboni Jr. JKSImMet
USER: LEARNER TEST: BRIT.SIM

5:59 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

alim

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.79
% Solids	95.0
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.43

% Passing 5.00mm	1.75
80.0% passes(mm)	349.96

SIZINGS

Top Size	558.mm	0.00
Size 1	508.mm	3.76
Size 2	457.mm	3.09
Size 3	381.mm	8.21
Size 4	305.mm	13.92
Size 5	254.mm	11.78
Size 6	204.mm	11.32
Size 7	153.mm	10.41
Size 8	103.mm	9.43
Size 9	50.9mm	11.47
Size 10	25.5mm	7.74
Size 11	19.06mm	1.62
Size 12	11.12mm	2.28
Size 13	6.36mm	2.55
Size 14	3.37mm	1.42
Size 15	1.01mm	0.8102
Size 16	0.850mm	0.03929
Size 17	0.600mm	0.06106
Size 18	0.300mm	0.05955
Size 19	0.150mm	.008887
Size 20	0.00mm	.001137

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

5:59 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: BRIT.SIM

CIRCUIT: cctl

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

desc prim

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	4.79
80.0% passes(mm)	141.66

SIZINGS

Top Size	222.5mm	0.00
Size 1	204. mm	4.78
Size 2	153. mm	11.12
Size 3	103. mm	23.66
Size 4	50.9mm	28.77
Size 5	25.5mm	14.19
Size 6	19.06mm	3.21
Size 7	11.12mm	4.45
Size 8	6.36mm	4.05
Size 9	3.37mm	2.33
Size 10	1.01mm	1.71
Size 11	0.850mm	0.1376
Size 12	0.600mm	0.2404
Size 13	0.298mm	0.3569
Size 14	0.250mm	0.06716
Size 15	0.150mm	0.1663
Size 16	0.106mm	0.09425
Size 17	0.075mm	0.0815
Size 18	0.00mm	0.5883

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

5:59 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: BRIT.SIM

CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

desc sec

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	14.92
80.0% passes(mm)	36.26

SIZINGS

Top Size	63.5mm	0.00
Size 1	50.8mm	5.04
Size 2	44.5mm	4.65
Size 3	38.1mm	7.64
Size 4	31.8mm	10.39
Size 5	25.4mm	12.17
Size 6	22.2mm	6.48
Size 7	19.0mm	6.78
Size 8	15.9mm	6.77
Size 9	12.7mm	7.14
Size 10	9.53mm	7.43
Size 11	7.94mm	3.83
Size 12	6.35mm	3.74
Size 13	4.76mm	3.63
Size 14	3.18mm	3.60
Size 15	1.68mm	3.59
Size 16	0.00mm	7.13

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet
USER: LEARNER TEST: BRIT.SIM

5:59 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

over recir

TPH Solids	133.59	133.59
Solids S.G.	2.80	2.80
TPH Water	0.4648	0.4648
% Solids	99.65	99.65
Pulp S.G.	2.78	2.78
V. Flowrate	48.17	48.17

% Passing 5.00mm	1.88	37.66
80.0% passes(mm)	38.88	10.77

SIZINGS

Top Size	63.5mm	0.00	0.00
Size 1	50.8mm	6.36	0.00
Size 2	44.5mm	5.73	0.00
Size 3	38.1mm	9.24	0.00
Size 4	31.8mm	13.29	0.00
Size 5	25.4mm	16.6	.002981
Size 6	22.2mm	6.48	0.03934
Size 7	19.0mm	4.86	0.354
Size 8	15.9mm	12.2	1.96
Size 9	12.7mm	18.29	7.71
Size 10	9.53mm	4.73	19.04
Size 11	7.94mm	0.1792	12.79
Size 12	6.35mm	0.03688	11.53
Size 13	4.76mm	0.1382	10.77
Size 14	3.18mm	0.3078	10.71
Size 15	1.68mm	0.4536	9.85
Size 16	1.41mm	0.101	1.80
Size 17	0.840mm	0.2372	3.95
Size 18	0.420mm	0.2085	3.14
Size 19	0.00mm	0.5493	6.36

tech - Homero Delboni Jr. JKSImMet
USER: LEARNER TEST: BRIT.SIM

5:59 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

under

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	43.63
80.0% passes(mm)	9.38

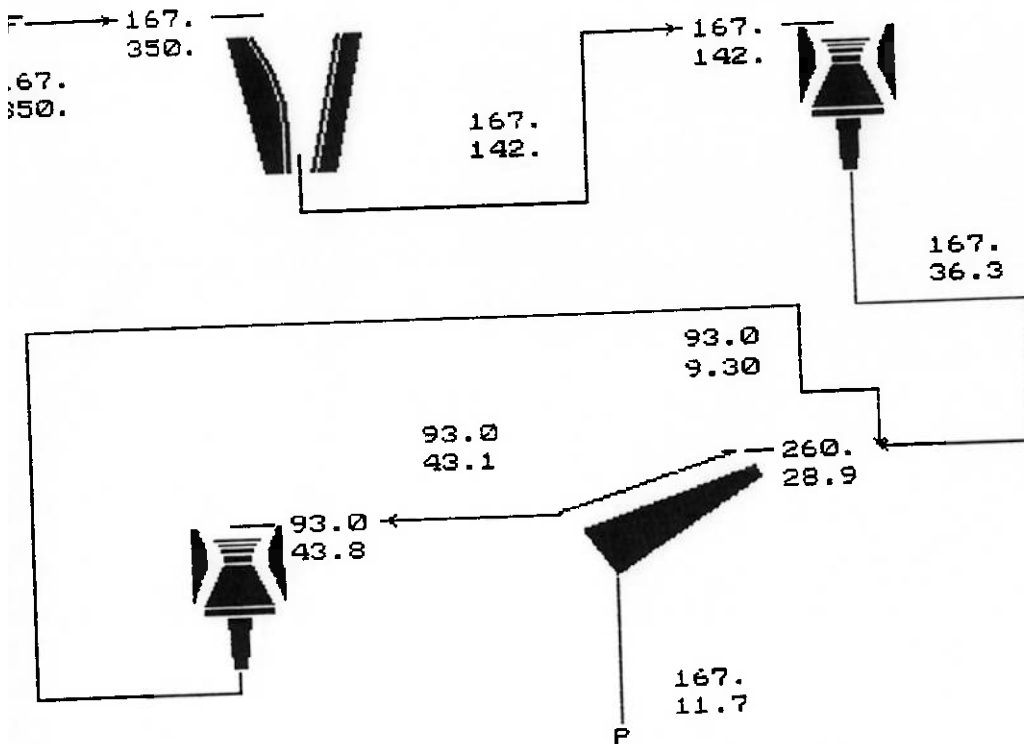
SIZINGS

Top Size	19.1mm	0.00
Size 1	12.7mm	2.06
Size 2	11.1mm	5.64
Size 3	9.50mm	11.37
Size 4	7.90mm	14.74
Size 5	6.35mm	12.75
Size 6	4.76mm	11.9
Size 7	3.18mm	11.98
Size 8	1.41mm	13.13
Size 9	0.840mm	4.39
Size 10	0.420mm	3.52
Size 11	0.00mm	8.52

SIMULAÇÃO 1

ABERTURA DA PENEIRA E APF DO TERCIÁRIO: 3/4"

Tech - Homero Delboni Jr. JKSImMet 6:09 pm Fri Nov 21 1997
USER: LEARNER TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cct1
Window data : TPH Solids Bottom Window data : 80.0% Passing size



USER: LEARNER

TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cct1

JAW CRUSHER

Model: Andersen/Whiten

br prim

Number of Crushers 1.00

Operating data
Closed side set.(mm) 127.
Liner Length (mm) 0.00
Eccentric Throw (mm) 25.4
Liner Hours (Hours) 0.00
Cr. Feed Rate (TPH) 167.
Cr. Feed P80 (mm) 349.7
Cr. Prod P80 (mm) 130.26

Classification equation data

Parameter K1 181.7
derived from CSS * 0.880
+ TPH feed * 0.00
+ P80 * 0.200
+ Liner Length * 0.00
+ 0.00
Parameter K2 174.98
derived from CSS * 0.3778
+ TPH feed * 0.00
+ P80 * 0.00
+ Liner Hours * 0.00
+ Eccentric Throw * 5.00
+ 0.00
Parameter K3 2.30

Reduction Parameter equation

Parameter T10 10.98
derived from CSS * 0.04706
+ TPH feed * 0.00
+ P80 * 0.00
+ 5.00

Power equation

Calc. Power (kW) 55.41
derived from 29.51
pendulum power * 1.20
+ no load power 20.0

Tech - Homero Delboni Jr. JKSImMet 6:04 pm Fri Nov 21 1997
 USER: LEARNER TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cct1

GYRATORY CRUSHER

Model: Andersen/Whiten

	br sec	brit terc
Number of Crushers	1.00	1.00
Operating data		
Closed side set. (mm)	25.4	19.1
Liner Length (mm)	0.00	0.00
Eccentric Throw (mm)	25.4	8.00
Liner Hours (Hours)	0.00	0.00
Cr. Feed Rate (TPH)	167.	92.96
Cr. Feed F80 (mm)	130.26	43.2
Cr. Prod P80 (mm)	36.1	9.22
Classification equation data		
Parameter K1	9.35	14.91
derived from CSS *	0.1714	0.3429
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+ Liner Length *	0.00	0.00
+ 5.00		8.36
Parameter K2	62.31	13.25
derived from CSS *	1.64	0.01215
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+ Liner Hours *	0.00	0.00
+ Eccentric Throw *	0.613	0.3769
+ 5.00		10.0
Parameter K3	0.6699	0.2672
Reduction Parameter equation		
Parameter T10	8.92	17.99
derived from CSS *	0.2331	0.7425
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+ 3.00		3.81
Power equation		
Calc. Power (kW)	177.56	154.2
derived from	81.3	61.84
pendulum power *	1.20	1.20
+ no load power	80.0	80.0

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimmMet 6:04 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cct1

SINGLE DECK SCREEN

Model: Efficiency Curve

peneir

Operating conditions
% Water to Fines 95.0

Efficiency curve parameters
Efficy. Curve Sharp. 11.58
Efficiency Curve Dip 0.100
Corrected D50 19.1

Pech - Homero Delboni Jr. JKSimmMet 6:04 pm Fri Nov 21 1997
USER: LEARNER TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

alim

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.79
% Solids	95.0
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.43

% Passing 5.00mm	1.75
80.0% passes(mm)	349.96

SIZINGS

Top Size	558.mm	0.00
Size 1	508.mm	3.76
Size 2	457.mm	3.09
Size 3	381.mm	8.21
Size 4	305.mm	13.92
Size 5	254.mm	11.78
Size 6	204.mm	11.32
Size 7	153.mm	10.41
Size 8	103.mm	9.43
Size 9	50.9mm	11.47
Size 10	25.5mm	7.74
Size 11	19.06mm	1.62
Size 12	11.12mm	2.28
Size 13	6.36mm	2.55
Size 14	3.37mm	1.42
Size 15	1.01mm	0.8102
Size 16	0.850mm	0.03929
Size 17	0.600mm	0.06106
Size 18	0.300mm	0.05955
Size 19	0.150mm	.008887
Size 20	0.00mm	.001137

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimmMet 6:04 pm Fri Nov 21 1997
USER: LEARNER TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cctl

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

desc prim

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	4.79
80.0% passes(mm)	141.66

SIZINGS

Top Size	222.5mm	0.00
Size 1	204.µm	4.78
Size 2	153.µm	11.12
Size 3	103.µm	23.66
Size 4	50.9µm	28.77
Size 5	25.5µm	14.19
Size 6	19.06µm	3.21
Size 7	11.12µm	4.45
Size 8	6.36µm	4.05
Size 9	3.37µm	2.33
Size 10	1.01µm	1.71
Size 11	0.850µm	0.1376
Size 12	0.600µm	0.2404
Size 13	0.298µm	0.3569
Size 14	0.250µm	0.06716
Size 15	0.150µm	0.1663
Size 16	0.106µm	0.09425
Size 17	0.075µm	0.0815
Size 18	0.00µm	0.5883

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet 6:04 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

desc sec

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	14.92
80.0% passes(mm)	36.26

SIZINGS

Top Size	63.5mm	0.00
Size 1	50.8mm	5.04
Size 2	44.5mm	4.65
Size 3	38.1mm	7.64
Size 4	31.8mm	10.39
Size 5	25.4mm	12.17
Size 6	22.2mm	6.48
Size 7	19.0mm	6.78
Size 8	15.9mm	6.77
Size 9	12.7mm	7.14
Size 10	9.53mm	7.43
Size 11	7.94mm	3.83
Size 12	6.35mm	3.74
Size 13	4.76mm	3.63
Size 14	3.18mm	3.60
Size 15	1.68mm	3.59
Size 16	0.00mm	7.13

ech - Homero Delboni Jr. JKSimMet 6:04 pm Fri Nov 21 1997
 USER: LEARNER TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
 Data set: Calculated data

	over	recir
TPH Solids	92.96	92.96
Solids S.G.	2.80	2.80
TPH Water	0.4648	0.4648
% Solids	99.5	99.5
Pulp S.G.	2.78	2.78
V. Flowrate	33.66	33.66
% Passing 5.00mm	2.93	48.36
80.0% passes(mm)	43.14	9.30

SIZINGS			
Top Size	63.5mm	0.00	0.00
Size 1	50.8mm	8.48	0.00
Size 2	44.5mm	8.96	0.00
Size 3	38.1mm	13.93	0.00
Size 4	31.8mm	18.42	0.00
Size 5	25.4mm	22.09	0.00
Size 6	22.2mm	11.1	.004753
Size 7	19.0mm	8.68	0.07214
Size 8	15.9mm	4.05	0.6484
Size 9	12.7mm	0.7386	3.93
Size 10	9.53mm	0.00	13.91
Size 11	7.94mm	0.01968	11.53
Size 12	6.35mm	0.2748	11.67
Size 13	4.76mm	0.4047	12.04
Size 14	3.18mm	0.5946	13.28
Size 15	1.68mm	0.7408	13.16
Size 16	1.41mm	0.1499	2.36
Size 17	0.840mm	0.330	4.90
Size 18	0.420mm	0.283	3.93
Size 19	0.00mm	0.7667	8.59

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

6:04 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: BRIT_3_4.SIM CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

under

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	40.2
80.0% passes(mm)	11.7

SIZINGS

Top Size	19.1mm	0.00
Size 1	12.7mm	16.17
Size 2	11.1mm	6.48
Size 3	9.50mm	8.68
Size 4	7.90mm	10.29
Size 5	6.35mm	9.82
Size 6	4.76mm	10.11
Size 7	3.18mm	10.66
Size 8	1.41mm	12.4
Size 9	0.840mm	3.96
Size 10	0.420mm	3.20
Size 11	0.00mm	8.23

SIMULAÇÃO 2

ABERTURA DA PENEIRA E APF DO TERCIÁRIO: 1"

Pech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

6:13 pm Fri Nov 21 1997

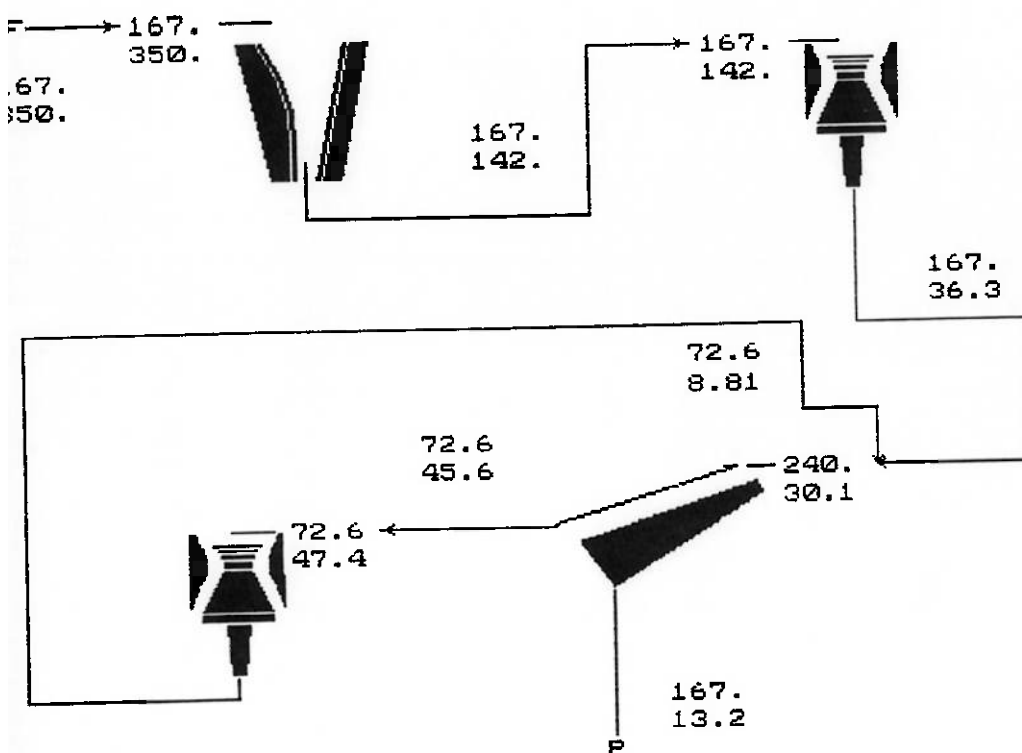
USER: LEARNER

TEST: BRIT_1.SIM

CIRCUIT: cct1

Window data : TPH Solids

Bottom Window data : 80.0% Passing size



ech - Homero Delboni Jr. JKSimMet
USER: LEARNER TEST: BRIT_1.SIM

6:11 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: cct1

JAW CRUSHER

Model: Andersen/Whiten

br prim

Number of Crushers 1.00

Operating data

Closed side set. (mm) 127.
Liner Length (mm) 0.00
Eccentric Throw (mm) 25.4
Liner Hours (Hours) 0.00
Cr. Feed Rate (TPH) 167.
Cr. Feed F80 (mm) 349.7
Cr. Prod P80 (mm) 130.26

Classification equation data

Parameter K1 181.7
derived from CSS * 0.880
+ TPH feed * 0.00
+ F80 * 0.200
+ Liner Length * 0.00
+ 0.00
Parameter K2 174.98
derived from CSS * 0.3778
+ TPH feed * 0.00
+ F80 * 0.00
+ Liner Hours * 0.00
+ Eccentric Throw * 5.00
+ 0.00
Parameter K3 2.30

Reduction Parameter equation

Parameter T10 10.98
derived from CSS * 0.04706
+ TPH feed * 0.00
+ F80 * 0.00
+ 5.00

Power equation

Calc. Power (kW) 55.41
derived from 29.51
pendulum power * 1.20
+ no load power 20.0

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet
USER: LEARNER TEST: BRIT_1.SIM

6:11 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: cct1

GYRATORY CRUSHER

Model: Andersen/Whiten

	br sec	brit terc
Number of Crushers	1.00	1.00
Operating data		
Closed side set. (mm)	25.4	25.4
Liner Length (mm)	0.00	0.00
Eccentric Throw (mm)	25.4	8.00
Liner Hours (Hours)	0.00	0.00
Cr. Feed Rate (TPH)	167.	72.55
Cr. Feed F80 (mm)	130.26	45.24
Cr. Prod P80 (mm)	36.1	8.76
Classification equation data		
Parameter K1	9.35	17.07
derived from CSS *	0.1714	0.3429
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+ Liner Length *	0.00	0.00
+	5.00	8.36
Parameter K2	62.31	13.32
derived from CSS *	1.64	0.01215
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+ Liner Hours *	0.00	0.00
+ Eccentric Throw *	0.613	0.3769
+	5.00	10.0
Parameter K3	0.6699	0.2672
Reduction Parameter equation		
Parameter T10	8.92	22.67
derived from CSS *	0.2331	0.7425
+ TPH feed *	0.00	0.00
+ F80 *	0.00	0.00
+	3.00	3.81
Power equation		
Calc. Power (kW)	177.56	141.88
derived from	81.3	51.57
pendulum power *	1.20	1.20
+ no load power	80.0	80.0

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

6:11 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: BRIT_1.SIM

CIRCUIT: cct1

SINGLE DECK SCREEN

Model: Efficiency Curve

peneir

Operating conditions

% Water to Fines 95.0

Efficiency curve parameters

Efficy. Curve Sharp. 11.58

Efficiency Curve Dip 0.100

Corrected D50 25.4

ech - Homero Delboni Jr. JKSimMet
USER: LEARNER TEST: BRIT_1.SIM

6:11 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: cctl

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

alim

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.79
% Solids	95.0
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.43

% Passing 5.00mm	1.75
80.0% passes(mm)	349.96

SIZINGS

Top Size	558.mm	0.00
Size 1	508.mm	3.76
Size 2	457.mm	3.09
Size 3	381.mm	8.21
Size 4	305.mm	13.92
Size 5	254.mm	11.78
Size 6	204.mm	11.32
Size 7	153.mm	10.41
Size 8	103.mm	9.43
Size 9	50.9mm	11.47
Size 10	25.5mm	7.74
Size 11	19.06mm	1.62
Size 12	11.12mm	2.28
Size 13	6.36mm	2.55
Size 14	3.37mm	1.42
Size 15	1.01mm	0.8102
Size 16	0.850mm	0.03929
Size 17	0.600mm	0.06106
Size 18	0.300mm	0.05955
Size 19	0.150mm	.008887
Size 20	0.00mm	.001137

each - Homero Delboni Jr. JKSimMet
USER: LEARNER TEST: BRIT_1.SIM

6:11 pm Fri Nov 21 1997
CIRCUIT: cctl

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

desc prim

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	4.79
80.0% passes(mm)	141.66

SIZINGS

Top Size	222.5mm	0.00
Size 1	204. mm	4.78
Size 2	153. mm	11.12
Size 3	103. mm	23.66
Size 4	50.9mm	28.77
Size 5	25.5mm	14.19
Size 6	19.06mm	3.21
Size 7	11.12mm	4.45
Size 8	6.36mm	4.05
Size 9	3.37mm	2.33
Size 10	1.01mm	1.71
Size 11	0.850mm	0.1376
Size 12	0.600mm	0.2404
Size 13	0.298mm	0.3569
Size 14	0.250mm	0.06716
Size 15	0.150mm	0.1663
Size 16	0.106mm	0.09425
Size 17	0.075mm	0.0815
Size 18	0.00mm	0.5883

ech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

6:11 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: BRIT_1.SIM

CIRCUIT: cctl

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

desc sec

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	14.92
80.0% passes(mm)	36.26

SIZINGS		
Top Size	63.5mm	0.00
Size 1	50.8mm	5.04
Size 2	44.5mm	4.65
Size 3	38.1mm	7.64
Size 4	31.8mm	10.39
Size 5	25.4mm	12.17
Size 6	22.2mm	6.48
Size 7	19.0mm	6.78
Size 8	15.9mm	6.77
Size 9	12.7mm	7.14
Size 10	9.53mm	7.43
Size 11	7.94mm	3.83
Size 12	6.35mm	3.74
Size 13	4.76mm	3.63
Size 14	3.18mm	3.60
Size 15	1.68mm	3.59
Size 16	0.00mm	7.13

Tech - Homero Delboni Jr. JKSimMet

6:11 pm Fri Nov 21 1997

USER: LEARNER

TEST: BRIT_1.SIM

CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained
Data set: Calculated data

under

TPH Solids	167.
Solids S.G.	2.80
TPH Water	8.83
% Solids	94.98
Pulp S.G.	2.57
V. Flowrate	68.47

% Passing 5.00mm	36.29
80.0% passes(mm)	13.24

SIZINGS

Top Size	19.1mm	0.00
Size 1	12.7mm	27.53
Size 2	11.1mm	5.63
Size 3	9.50mm	7.07
Size 4	7.90mm	8.16
Size 5	6.35mm	8.11
Size 6	4.76mm	8.69
Size 7	3.18mm	9.35
Size 8	1.41mm	11.13
Size 9	0.840mm	3.56
Size 10	0.420mm	3.06
Size 11	0.00mm	7.68

USER: LEARNER

TEST: BRIT_1.SIM

CIRCUIT: cct1

STREAMS data

Sizing Format: % Retained

Data set: Calculated data

	over	recir
TPH Solids	72.55	72.55
Solids S.G.	2.80	2.80
TPH Water	0.4648	0.4648
% Solids	99.36	99.36
Pulp S.G.	2.77	2.77
V. Flowrate	26.38	26.38
% Passing 5.00mm	3.65	52.91
80.0% passes(mm)	45.63	8.81

SIZINGS

Top Size	63.5mm	0.00	0.00
Size 1	50.8mm	11.55	0.00
Size 2	44.5mm	10.69	0.00
Size 3	38.1mm	16.29	0.00
Size 4	31.8mm	25.12	0.00
Size 5	25.4mm	24.99	0.00
Size 6	22.2mm	5.00	.006498
Size 7	19.0mm	1.33	0.07553
Size 8	15.9mm	0.00	0.584
Size 9	12.7mm	0.00	3.31
Size 10	9.53mm	0.1312	11.81
Size 11	7.94mm	0.2928	10.3
Size 12	6.35mm	0.445	11.08
Size 13	4.76mm	0.6066	12.14
Size 14	3.18mm	0.7776	14.06
Size 15	1.68mm	0.9242	14.37
Size 16	1.41mm	0.1805	2.55
Size 17	0.840mm	0.393	5.33
Size 18	0.420mm	0.3527	4.69
Size 19	0.00mm	0.9206	9.69