

Curso de especialização em tratamento de minérios

Cominuição

Britagem

Catalão – 27 de Outubro de 2012

Professor Mauricio Guimarães Bergerman

ETAPAS DE PROCESSAMENTO ENVOLVENDO SÓLIDOS PARTICULADOS

- Preparação:
 - Cominuição e classificação;
- Concentração:
 - Métodos densitários;
 - Flotação;
 - Separação magnética e eletrostática;
 - Outros: separação óptica (ore sorting).
- Desaguamento:
 - Espessamento, filtragem e secagem.
- Transporte

Cominuição

Cominuição (comminuere – fazer menor) = redução controlada de tamanho

Objetivos: manuseio, permitir transporte contínuo, atender especificações de mercado, liberar as espécies minerais.

BRITAGEM: **principalmente** compressão e impacto

tamanhos maiores, separação de tamanhos por peneiramento, geralmente feita a seco

MOAGEM: **principalmente** impacto, atrição e abrasão

tamanhos menores, separação de tamanhos por classificação, preferencialmente feita a úmido

Cominuição – seleção de alternativas

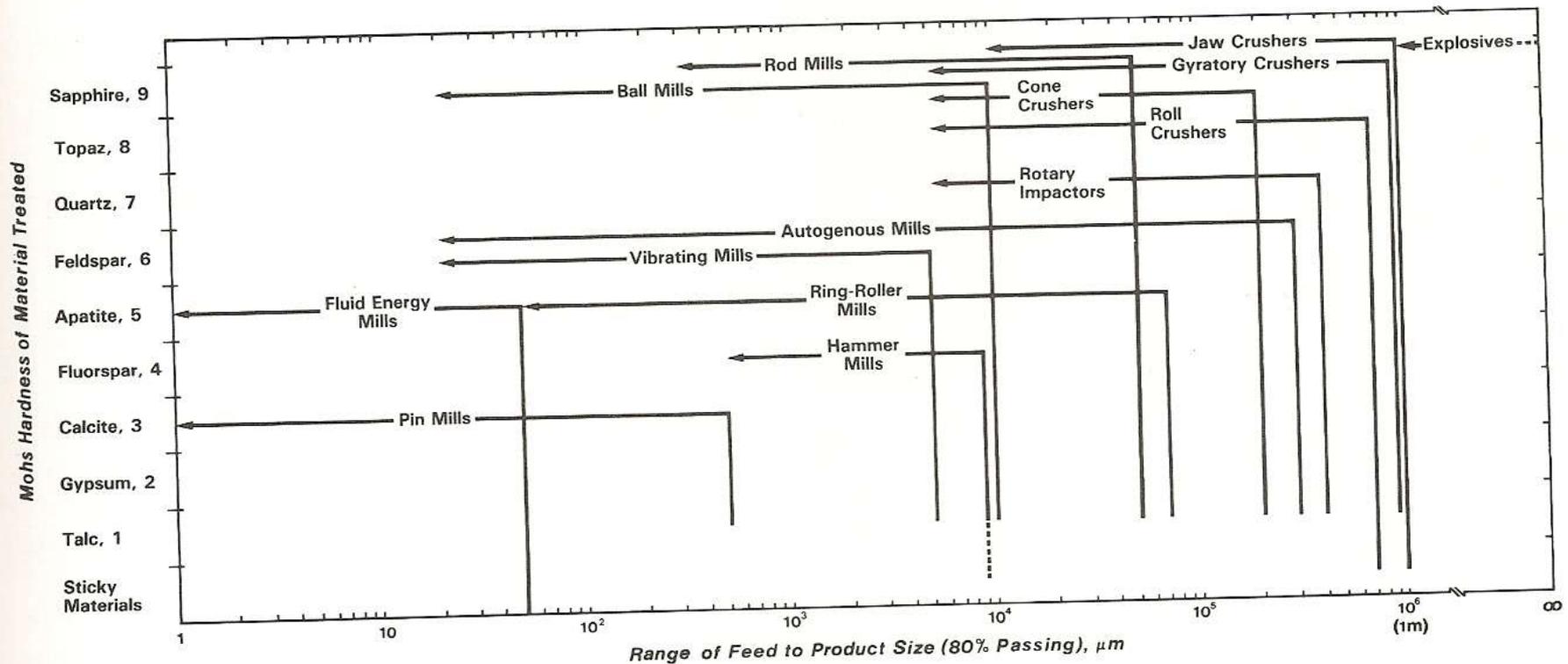


Figure II.1. Applicability of size reduction equipment.

Britagem

Pequena relação de redução: forças aplicadas são elevadas e a geometria do equipamento tem importância fundamental;

Principais tipos de britadores:

- ❑ Mandíbulas (1 ou 2 eixos);
- ❑ Giratórios (cônicos);
- ❑ Rolos;
- ❑ Impacto.

Britagem

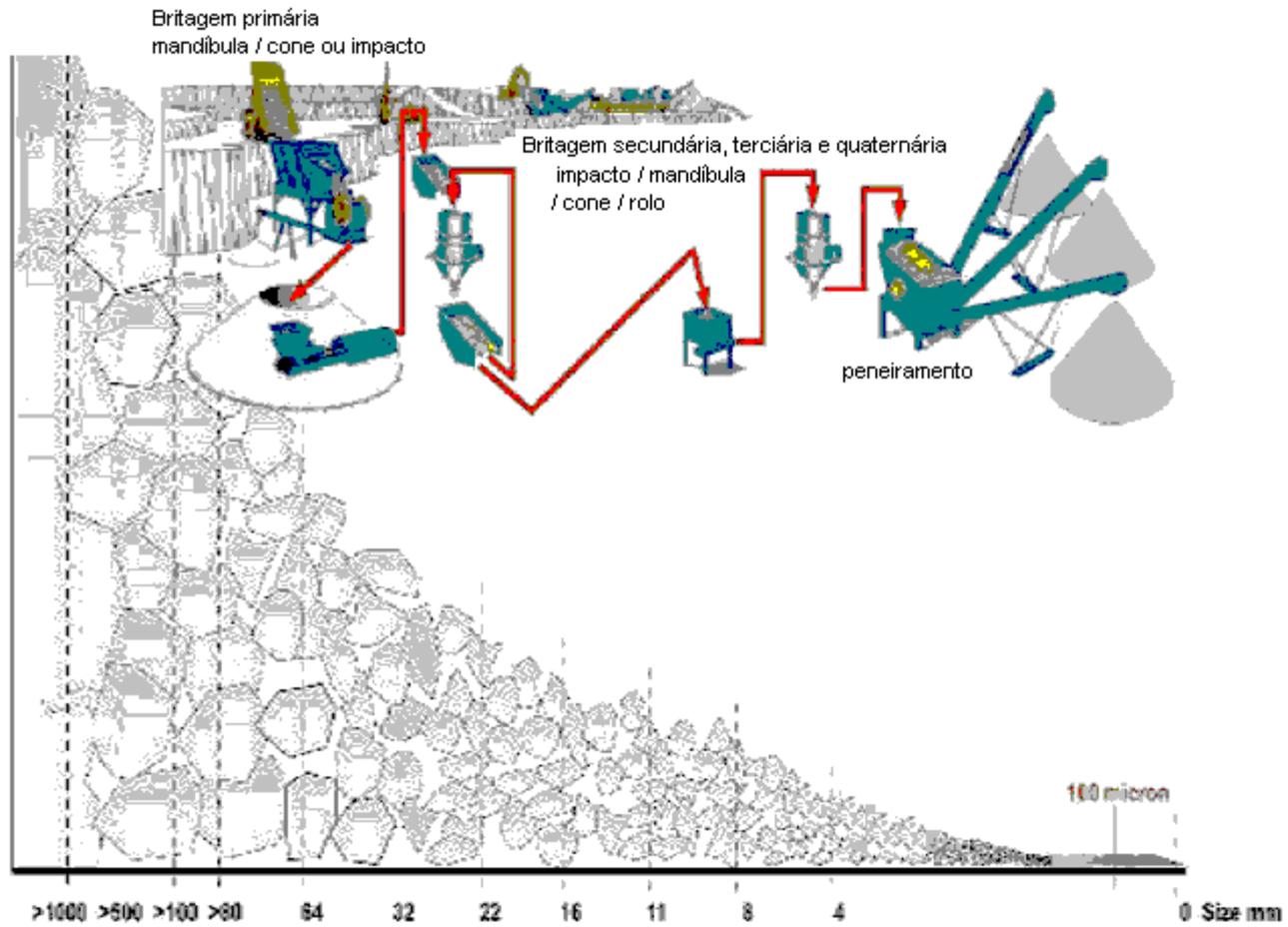
Relação de redução:

$$Rr = \frac{T_a}{T_s} \quad \text{Tamanho de alimentação e produto (top size, } P_{80}, \text{ etc)}$$

Estágio	Relação de redução	Tamanho máximo (mm)	
		Alimentação	Produto
Britagem primária	8:1	152,4 a 76,2	30,48 a 10,16
Britagem secundária	6 a 8:1	63,5	10,16 a 1,905
Britagem terciária	4 a 6:1	*	2,54 a 0,125
Britagem quartenária	Até 20	7,62 a 3.175	1,27 a 0,850
Moagem grossa	Até 20	1.905 a 0.9525	3,35 a 0,5
Moagem fina	100 a 200	1.27	fino

*Varia conforme a câmara do britador

Britagem



Britagem

8) Quero reduzir um minério desde um “top size” de 15 1/2” no ROM até um top size de 8# Tyler no produto. Quanto estágios de cominuição devo utilizar e qual a relação de redução recomendada para cada um deles?

TABLE 9.1: THE MAJOR TYPES OF CRUSHERS

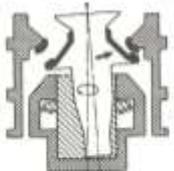
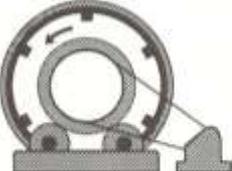
		Size (mm)	Power (kW)	Speed (r.p.m.)	Reduction Ratio	Characteristics and Applications	
JAW CRUSHERS	ELECTRO-ENERGETIC		to 260	2 - 3 min for 5 - 10 tonne boulder		Primarily used to break oversize rocks before a primary crusher.	
	Blake (Double Toggle)		125 (space) x 150 (width) to 1600 x 2100	2.28 to 225**	300 to 100	Average 7:1 Range 4:1 to 9:1	Originally the standard jaw crusher used for primary and secondary crushing of hard, tough abrasive rocks. Also for sticky feeds. Relatively coarse slabby product, with minimum fines. Flywheel overcomes power draft.
	Overhead Pivot (Double Toggle)		180 x 308 to 1220 x 1625	11 to 150**	390 to 257	Average 7:1 Range 4:1 to 9:1	Similar applications to Blake. Overhead pivot reduces rubbing on crusher faces, reduces choking, allows higher speeds and therefore higher capacities. Energy efficiency higher because jaw and charge not lifted during cycle.
	Overhead Eccentric (Single Toggle)		125 x 150 to 1600 x 2100	2.28 to 400**	300 to 120	Average 7:1 Range 4:1 to 9:1	Originally restricted to smaller sizes by structural limitations. Now in same sizes as Blake, which it has tended to supersede, because overhead eccentric encourages feed and discharge, allowing higher speeds and capacity, but with higher wear and more attrition breakage and slightly lower energy efficiency. Unsuitable for very hard, tough abrasive rock. Sometimes made with twin swing jaws.
	Dodge		100 x 150 to 280 x 380	2.28 to 11**	300 to 250	Average 7:1 Range 4:1 to 9:1	Bottom pivot gives closer sized product than Blake, but Dodge is difficult to build in large sizes, and is prone to choking. Generally restricted to laboratory use.
GYRATORY CRUSHERS	True Gyratory		760 (opening width) x 1400 (mantle maximum diameter) to 2135 x 3300	5 to 750	460 to 110	Average 8:1 Range 5:1 to 10:1	True gyratory crushers characterized by diverging crushing surfaces (outer surface or bowl has inward slope towards bottom). Used for primary and secondary rock, with minimum fines. Taller, higher capacity, and more suitable for slabby feeds than jaw crusher.
	Cone		600 (cone diameter) to 3050	22 to 800	280 to 220	Secondary crushing 6:1 to 8:1 Tertiary crushing 4:1 to 6:1	Cone gyratories are characterized by converging crushing surfaces (outer surface tends to parallel mantle surface). Used for secondary and tertiary crushing. Generally as the particle size decreases (e.g. tertiary crushing) the outer crushing surface is made straighter and more parallel to a steeper mantle (often called a "Short Head") crushed. Tertiary crushers are often choke fed.

* Data intended only to indicate capacity. Manufacturers' catalogs and Bond's Law should be consulted for reliable information.

** For very hard rock, power may be up to 50% higher provided machine is strengthened.

* Reg. Trade Mark, Rexnord Inc.

TABLE 8.1 (Continued)

		Size (mm)	Power (kW)	Speed (r.p.m.)	Capacity* (t/hr)	Reduction Ratio	Characteristics and Applications
GYRATORY CRUSHERS	Cylinder*		800 (diameter)	100	325	2:1	For very fine or quaternary crushing. Choke feeding and low cone angle cause fracture between particle layers, reduce wear, give more cubic particle shape. Used to produce aggregate (instead of rod mill), or to ensure uniform sized rod mill feed. Unsuitable for sticky feeds.
to	to	to	to	to			
2100	400	260	4:1				
ROLL CRUSHERS	Single Rolls		600 (diameter) x 450 (width)	15	80	20	Basically primary or secondary crusher, suitable for softer, friable, non-abrasive materials such as coal or limestone. Better than jaw and gyratory crushers on wet and sticky materials.
	to	300	23	1500	7:1		
ROLL CRUSHERS	Double Rolls		750 (diameter) x 350 (width)	27	190	20	At low reduction ratios, product is comparatively low in fines. Still in use in some plants as tertiary (rock) crushers, but largely superseded by cone crushers. Tapered rolls (with width ~ twice dia.) are used for coal crushing.
	to	1800 x 900 or 860 x 2100	112	50	3000	3:1	
ROTARY BREAKERS		2100 (diameter) x 3850 (length)	7	18	400	Run-of- mine coal	Breaks run-of-mine coal to a predetermined top size (with minimum of fines) as well as removing coarse refuse.
		to	112	12	2000	product of 40 to 150mm	
IMPACT CRUSHERS	Hammer Mills		Feed opening 160 x 230	11	1800	to	Characterised by bar screen screen outlet. Many forms: reversible/non-reversible, adjustable/non-adjustable cage, non-clog, ring granulator. Most breakage by impact, some by attrition. Used for primary, secondary, tertiary crushing, for cubic shape, maximum fines. Feed not hard or abrasive.
	to	375	600	2500	to 40:1, closed circuit		
	840 x 1470						
IMPACT CRUSHERS	Impactors		Feed opening to	to	to	to	Characterised by breaker plates and open discharge. For primary, secondary, tertiary crushing of soft, friable materials. Recommended when large reduction ratio, high capacity, cubic shaped, well-graded product and minimum fines are required. Higher speeds can be used to give more fines.
	to	450	800	1200	to 40:1 closed circuit		
	1400 x 2300						
IMPACT CRUSHERS	Cage Disintegrators		750 (diameter)	22	1500	5	May have 1, 2, 4 or 6 cages mounted concentrically. Feed enters center of inner cage, and centrifuges outward, being subjected to increasingly higher impact forces at each stage. Otherwise similar to impactors.
	to	10	10	10	to		
	1300	250	480	80			
IMPACT CRUSHERS	Vertical Spindle		685 (inner diameter)	55	2300	200	Feed centrifuged by rotor. Breaker ring protected from wear by persistent layer of a product. Essentially a tertiary crusher for very hard rock. Low wear and more cubic product relative to hammer mills.
	to	10	10	10	2:1		
	990	150	1400	100			

Circuito clássico de cominuição

ROCHA DESMONTADA
POR EXPLOSIVOS

grelha

britador de mandíbulas em
superfície ou subterrâneo

escalpe

britador cônico
secundário

circuito aberto

britador cônico
terciário

ciclone

peneira

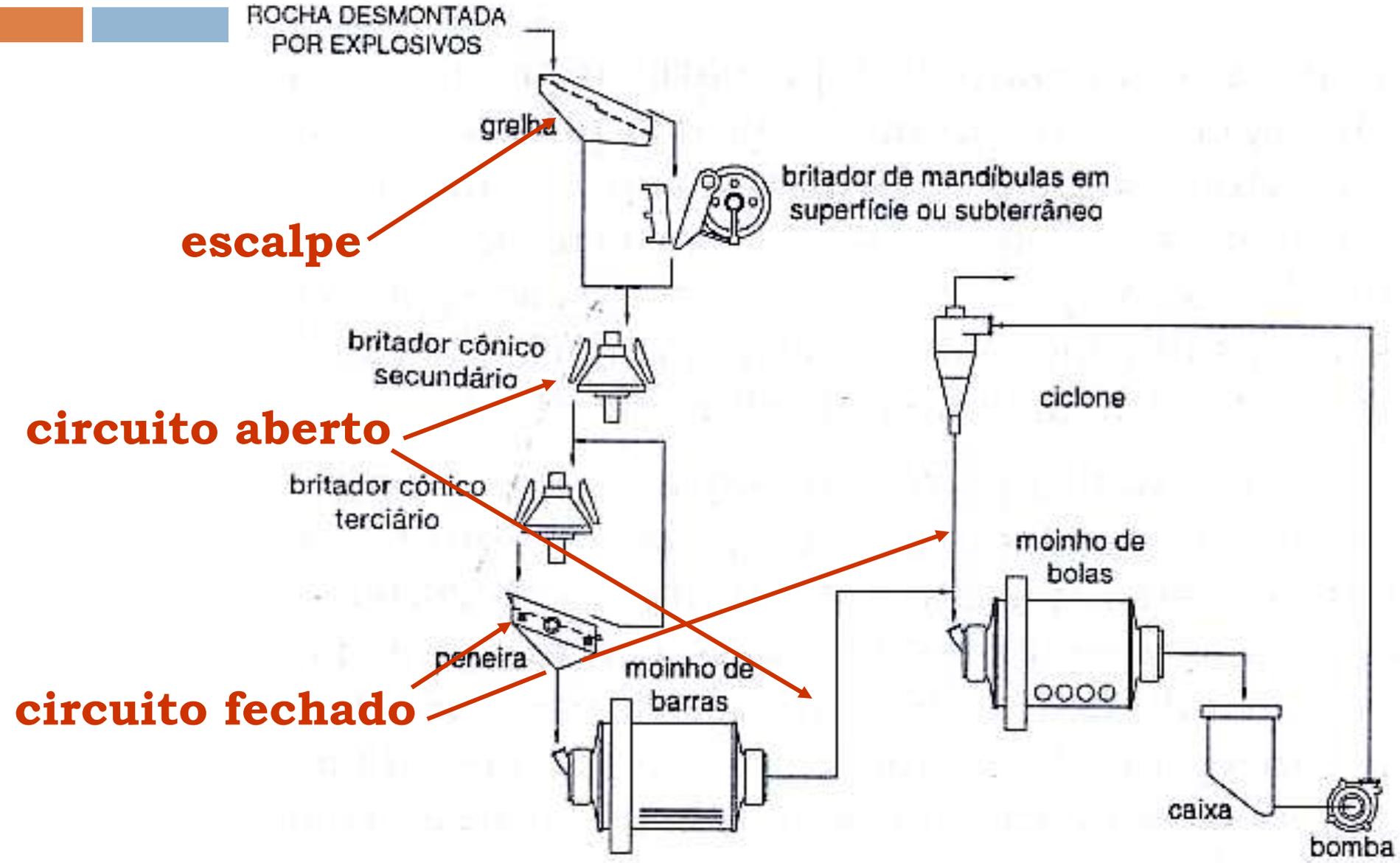
moinho de
barras

moinho de
bolas

caixa

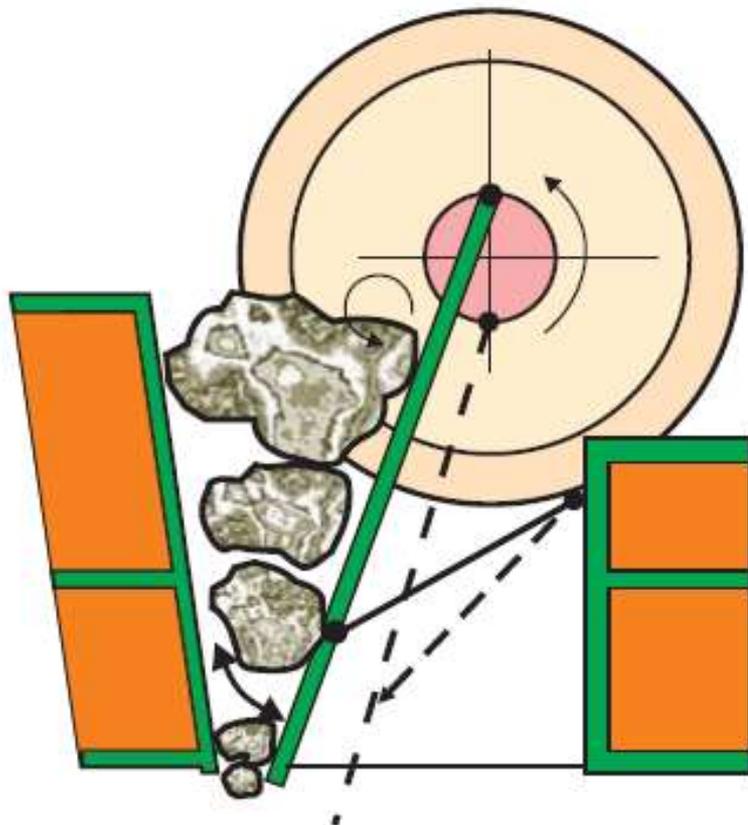
bomba

circuito fechado



Britagem - equipamentos

Britador de mandíbulas de 1 eixo (Dodge)



Britador de 1 eixo



existe uma componente do movimento na direção das mandíbulas =

desgaste abrasivo !

Britagem - equipamentos

Britador de mandíbulas de 1 eixo (Dodge)



Britagem - equipamentos

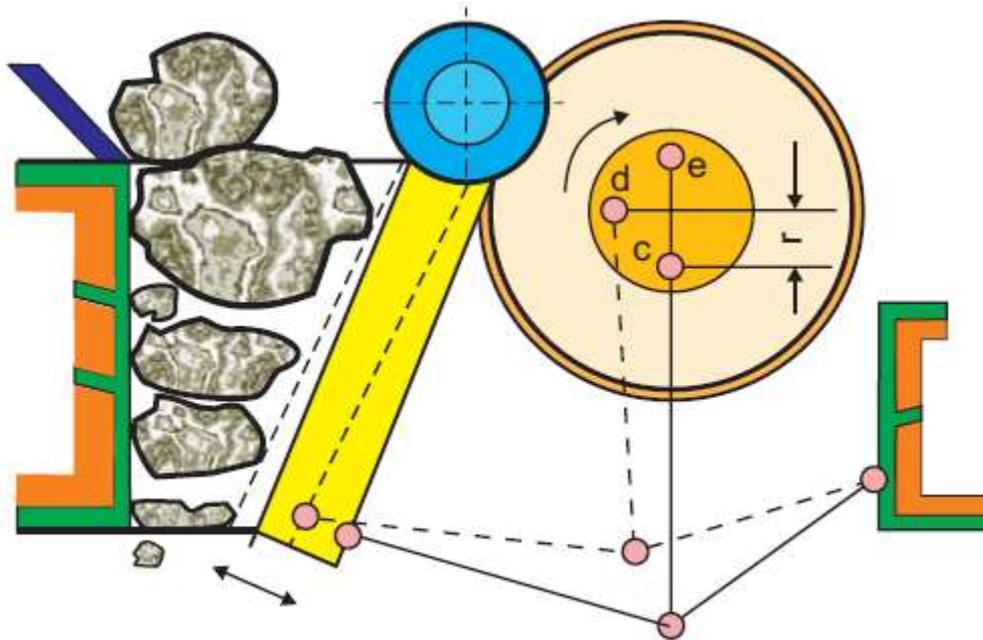


Britador de mandíbulas de 1 eixo (Dodge)

Vídeo

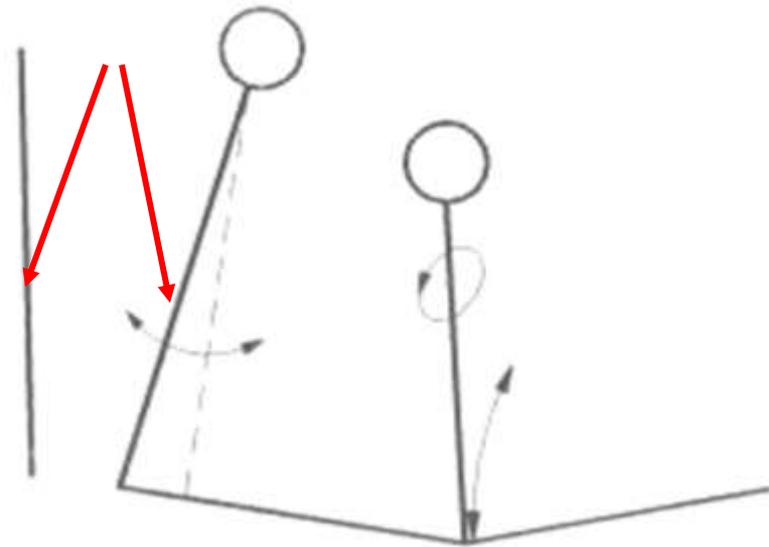
Britagem - equipamentos

Britador de mandíbulas de 2 eixos (Blake)



Britador de 2 eixos

mandíbulas



**só movimento de
abrir e fechar !**

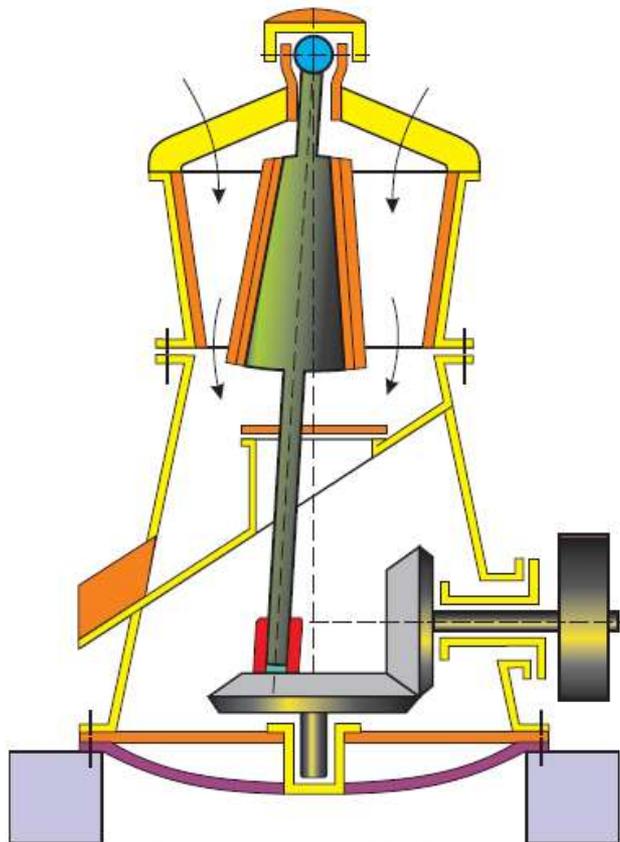
Britagem - equipamentos

Britador de mandíbulas de 2 eixos (Blake)

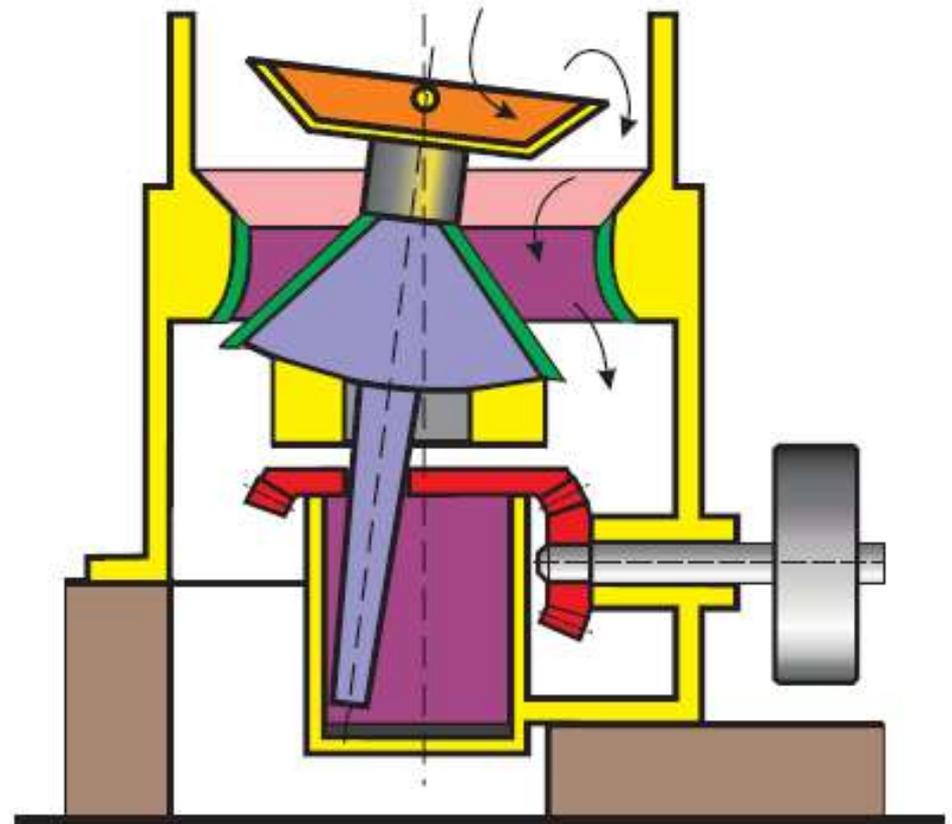


Britagem - equipamentos

Família dos britadores giratórios



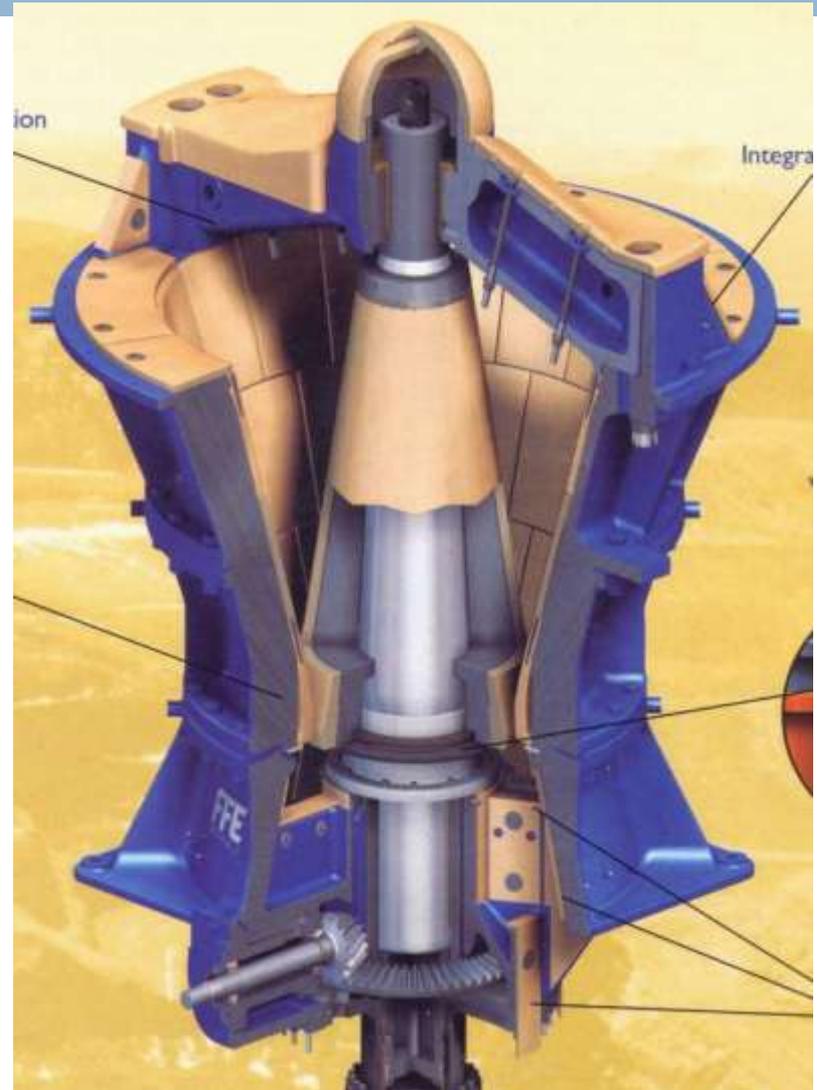
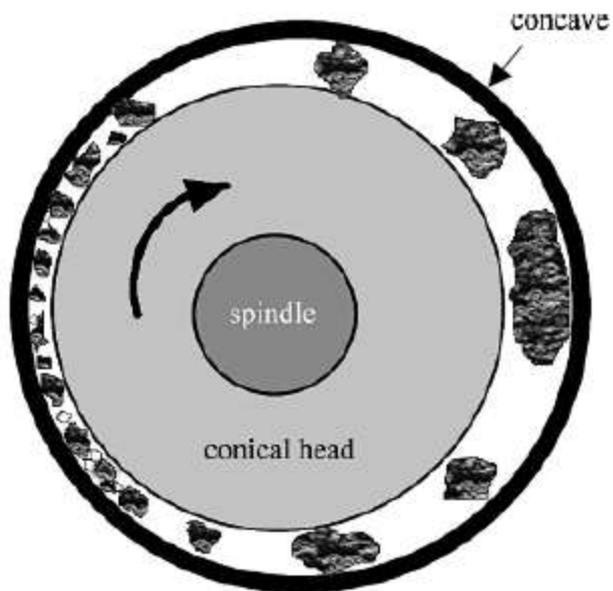
Britador giratório



Britador cônico

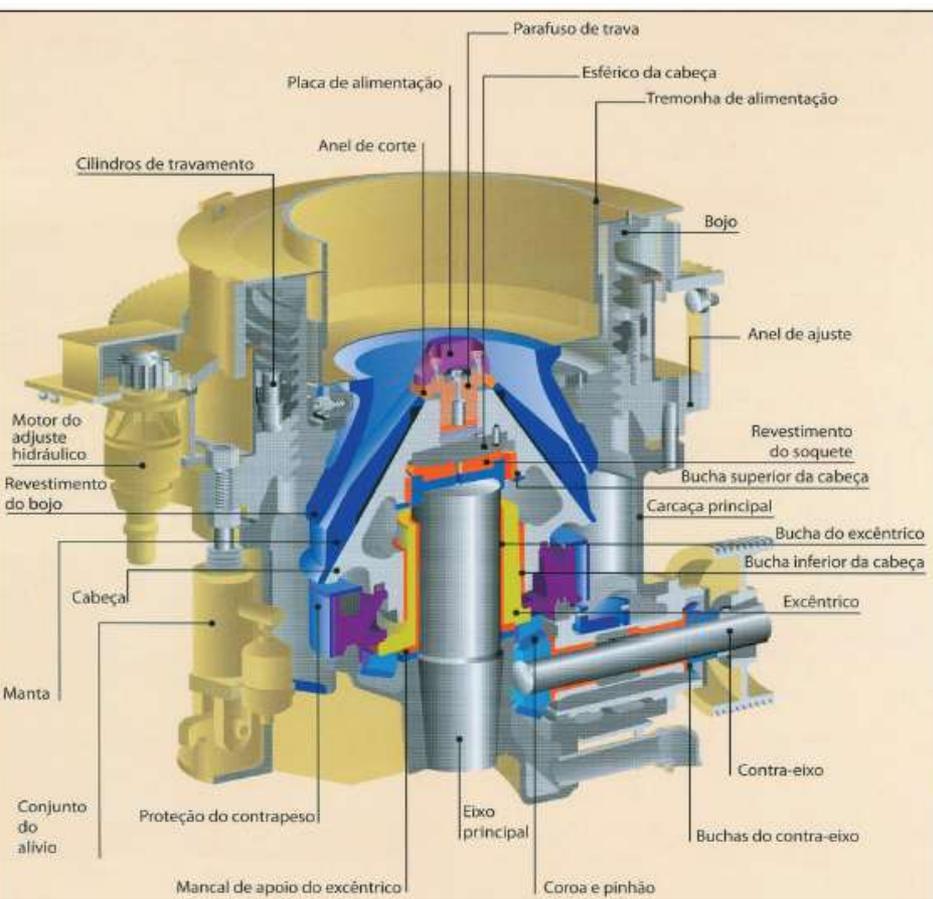
Britagem - equipamentos

Britador giratório

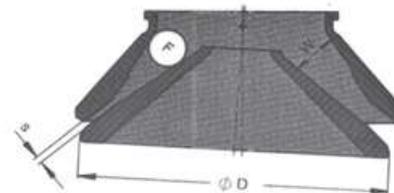


Britagem - equipamentos

Britador cônico



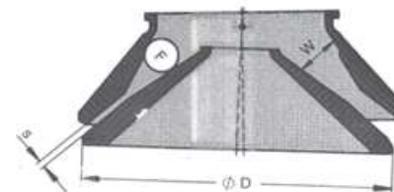
A-type "coarse"



D = nominal head diameter
 W = max. open side setting
 F = max. feed size, closed side
 S = closed side setting
 Product based on square mesh screen throughs.

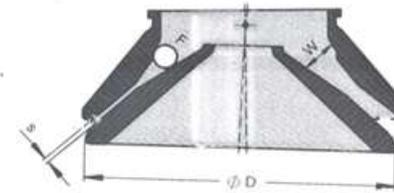
Large feed size "F".
 Large settings "s".
 On an average, 60-70% of the product is smaller than the discharge setting.

B-type "medium"



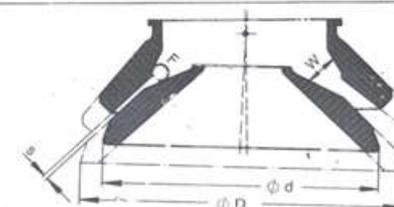
Medium feed size "F".
 Medium settings "s".
 On an average, 65-75% of the product is smaller than the discharge setting.

C-type "fine"



Small feed size "F".
 Small settings "s".
 On an average, 65-80% of the product is smaller than the discharge setting.

S-type "sand" (extra fine)



Very small feed size "F".
 Minimum settings "s".
 On an average, 50-60% of the product is smaller than the discharge setting.

Britagem - equipamentos

Britador cônico



Britagem - equipamentos



Britador cônico

Vídeo

Britagem - equipamentos

Britador cônico vs. mandíbula

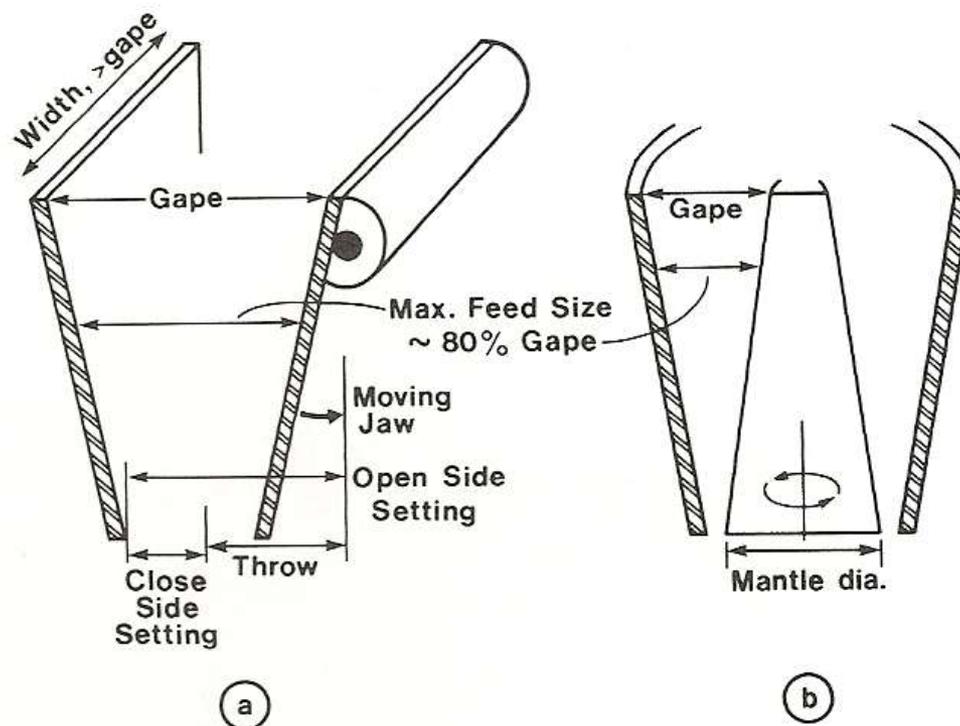


Figure 8.3. Definitions of crusher openings. Jaw crushers are normally specified by the gape \times width, gyratory crushers by gape \times mantle diameter, and cone crushers by the diameter of the feed opening (approx. $2 \times$ gape).

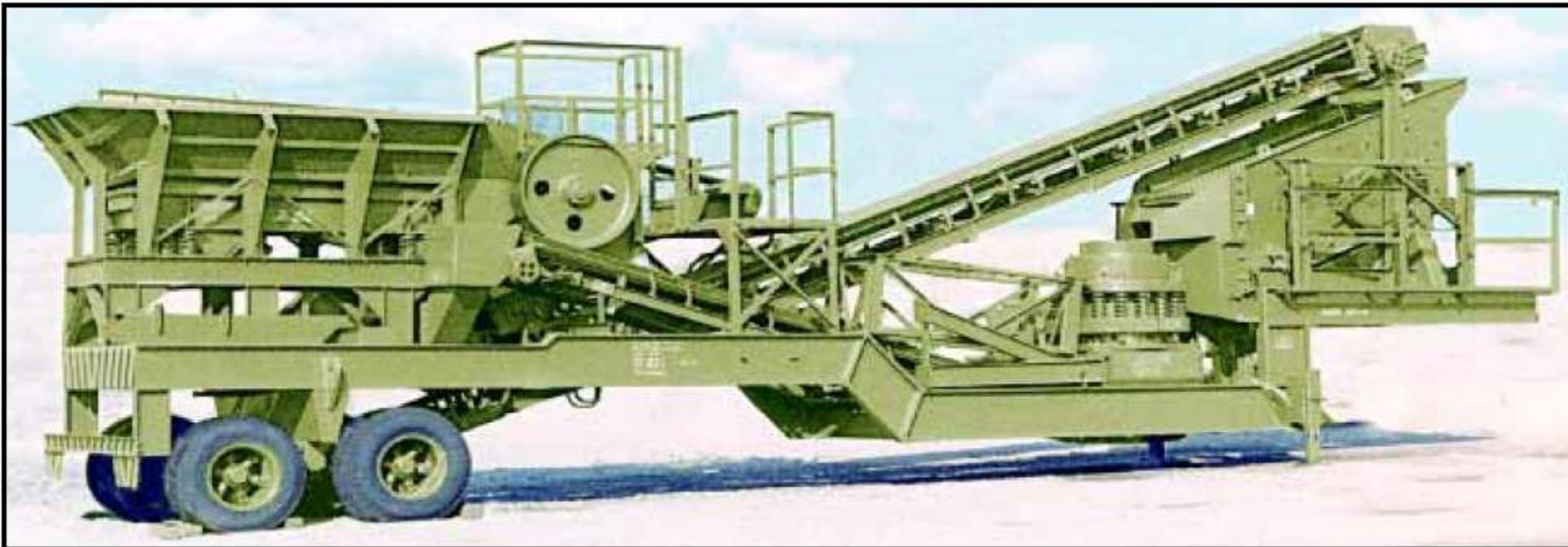
Britagem - equipamentos

Britadores móveis – normalmente de mandíbulas ou giratórios



Britagem - equipamentos

Britadores móveis – normalmente de mandíbulas ou giratórios



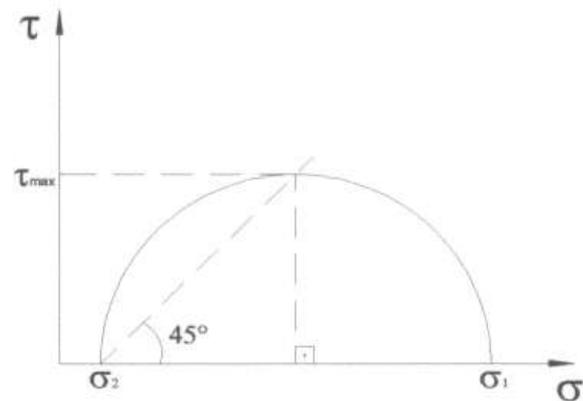
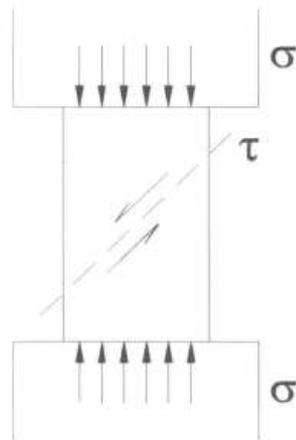
Britagem - equipamentos



Britadores móveis – vídeo

Britagem – Produtos dos britadores

- ❑ As câmaras tem geometrias muito semelhantes e limitadas;
- ❑ O evento de fratura ocorre um número limitado de vezes;
- ❑ As partículas tendem a se romper sempre pelo mesmo mecanismo (cisalhamento a 45° com as tensões de compressão)

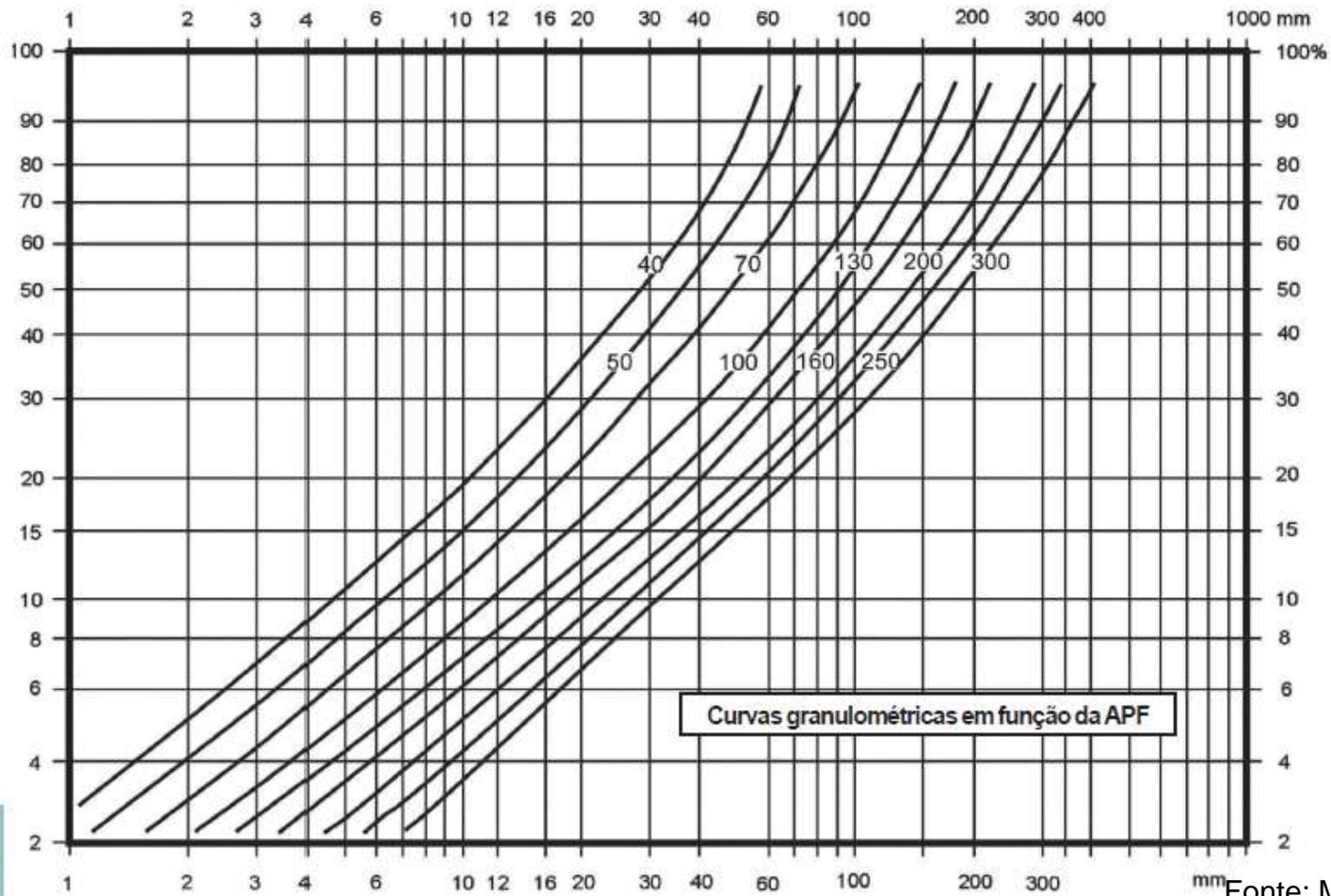


Britagem – Produtos dos britadores

- As forças aplicadas pelos britadores são muito grandes, capazes de quebrar qualquer coisa.
- Parece lógico que as distribuições granulométricas fornecidas por estes equipamentos tendam a ser sempre as mesmas, independentemente do material que está sendo britado.

Britagem – Produtos dos britadores

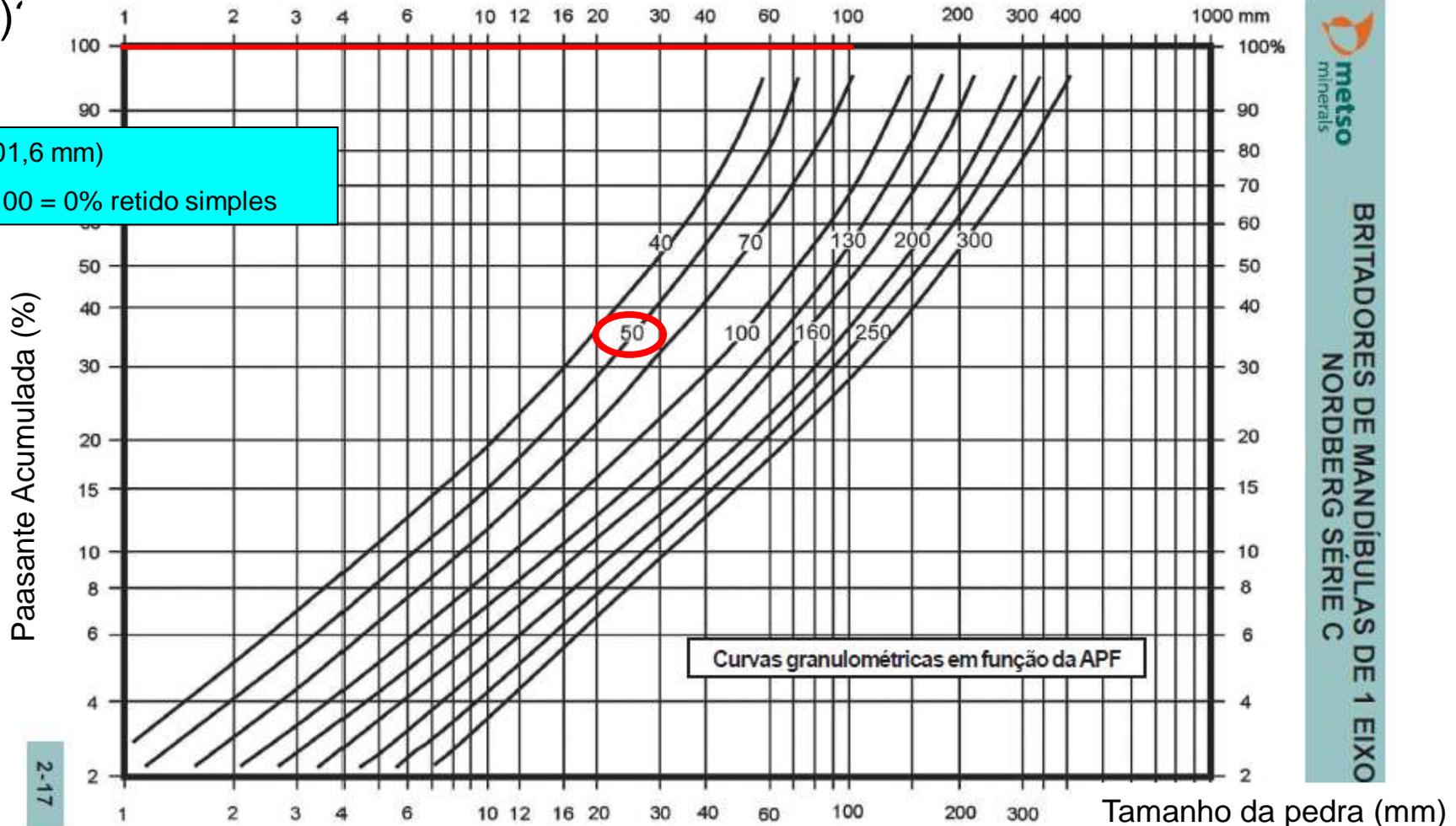
- E isto realmente ocorre!



Britagem – Produtos dos britadores

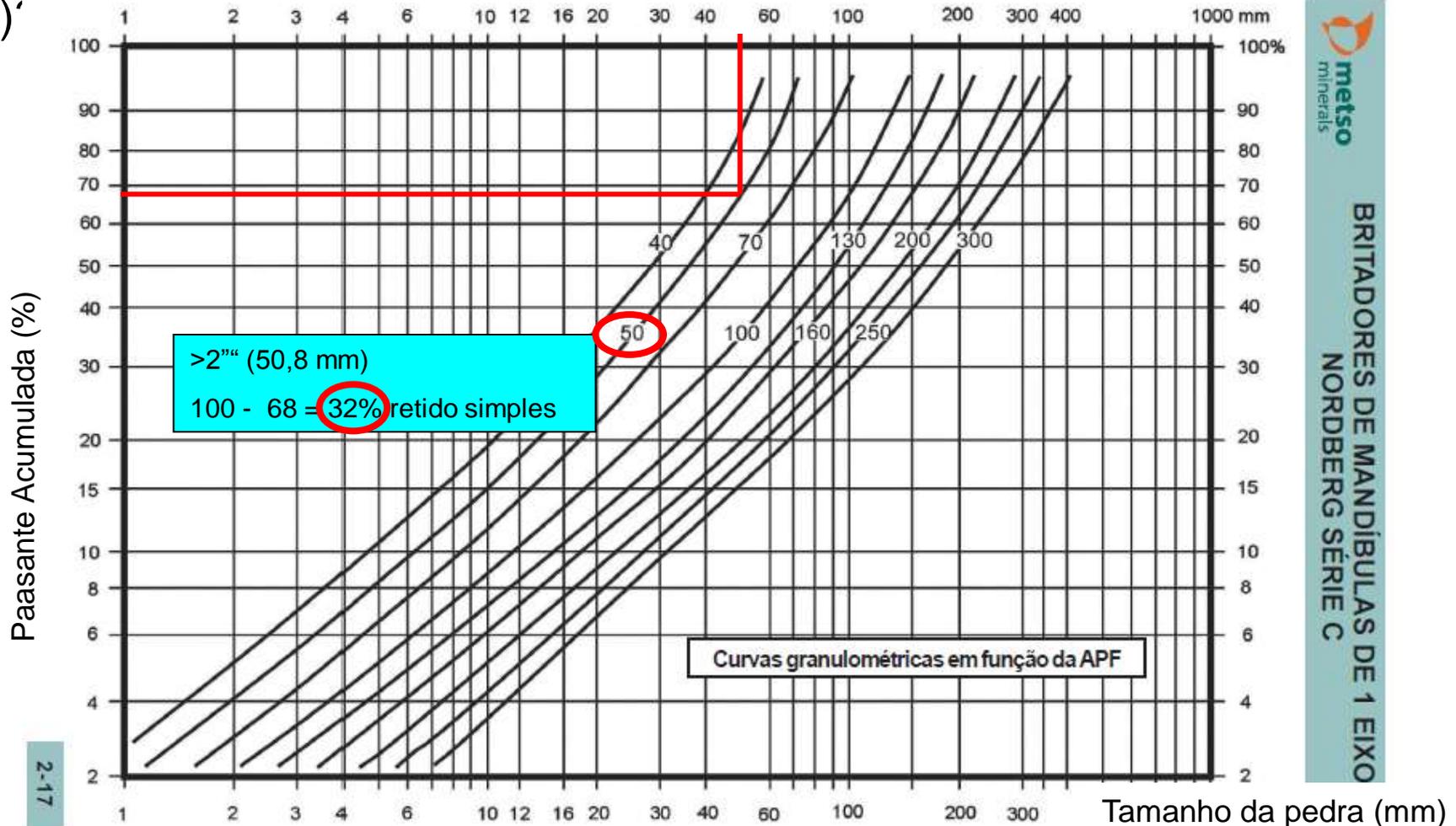
- Qual a distribuição granulométrica considerando uma APF de 2" (50,8 mm)'

>4" (101,6 mm)
100 - 100 = 0% retido simples



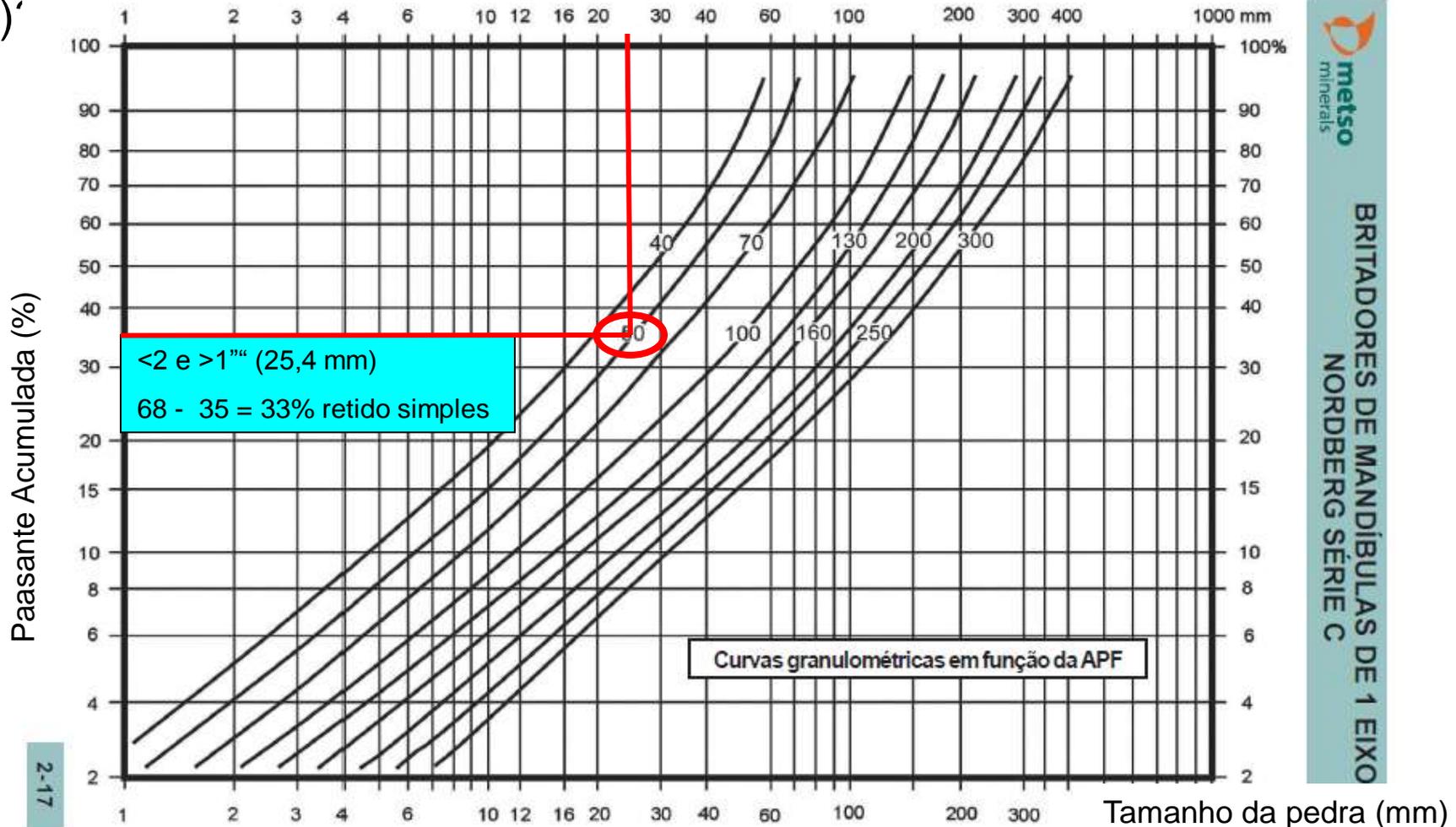
Britagem – Produtos dos britadores

- Qual a distribuição granulométrica considerando uma APF de 2" (50,8 mm)'



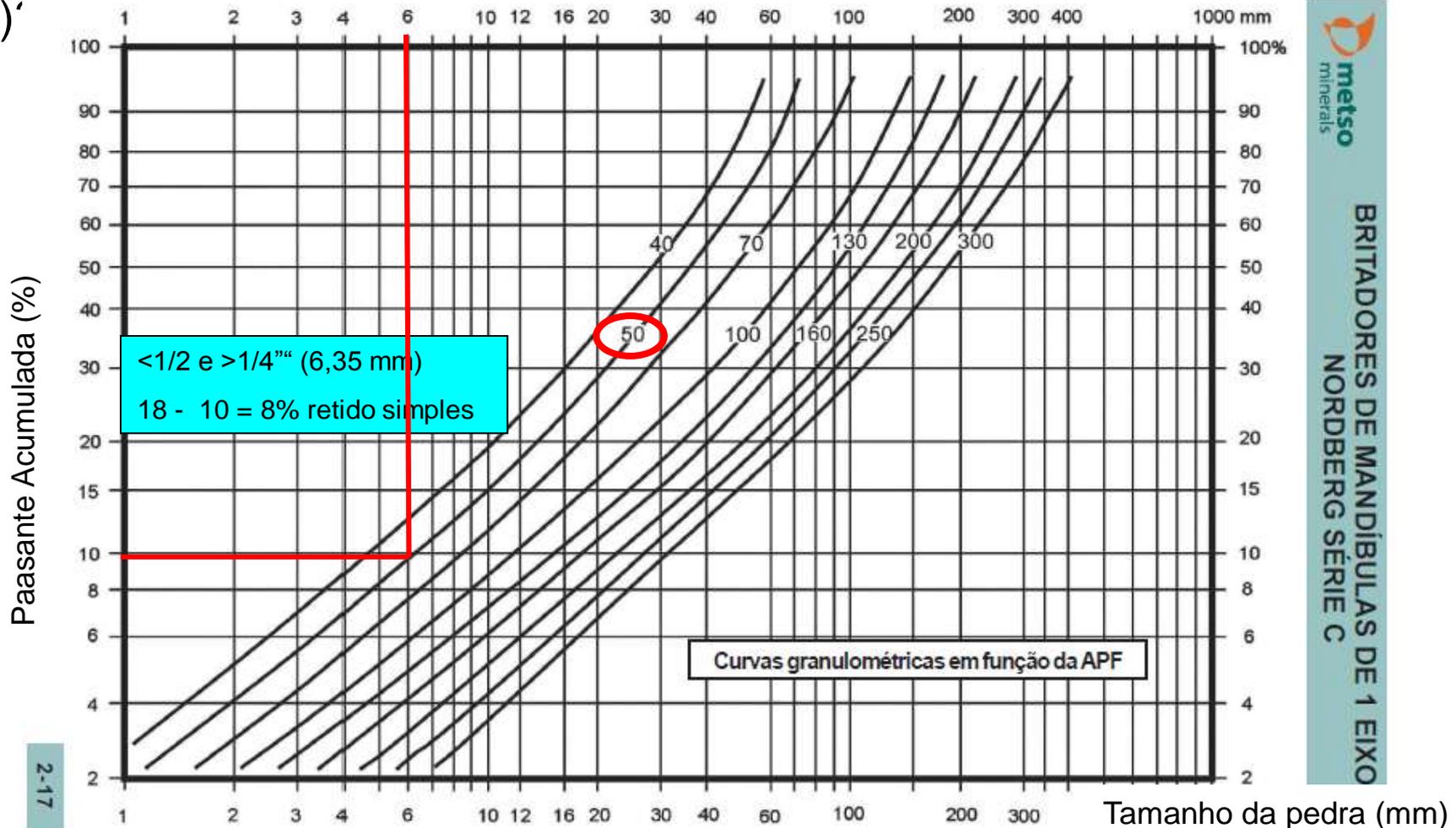
Britagem – Produtos dos britadores

- Qual a distribuição granulométrica considerando uma APF de 2" (50,8 mm)'



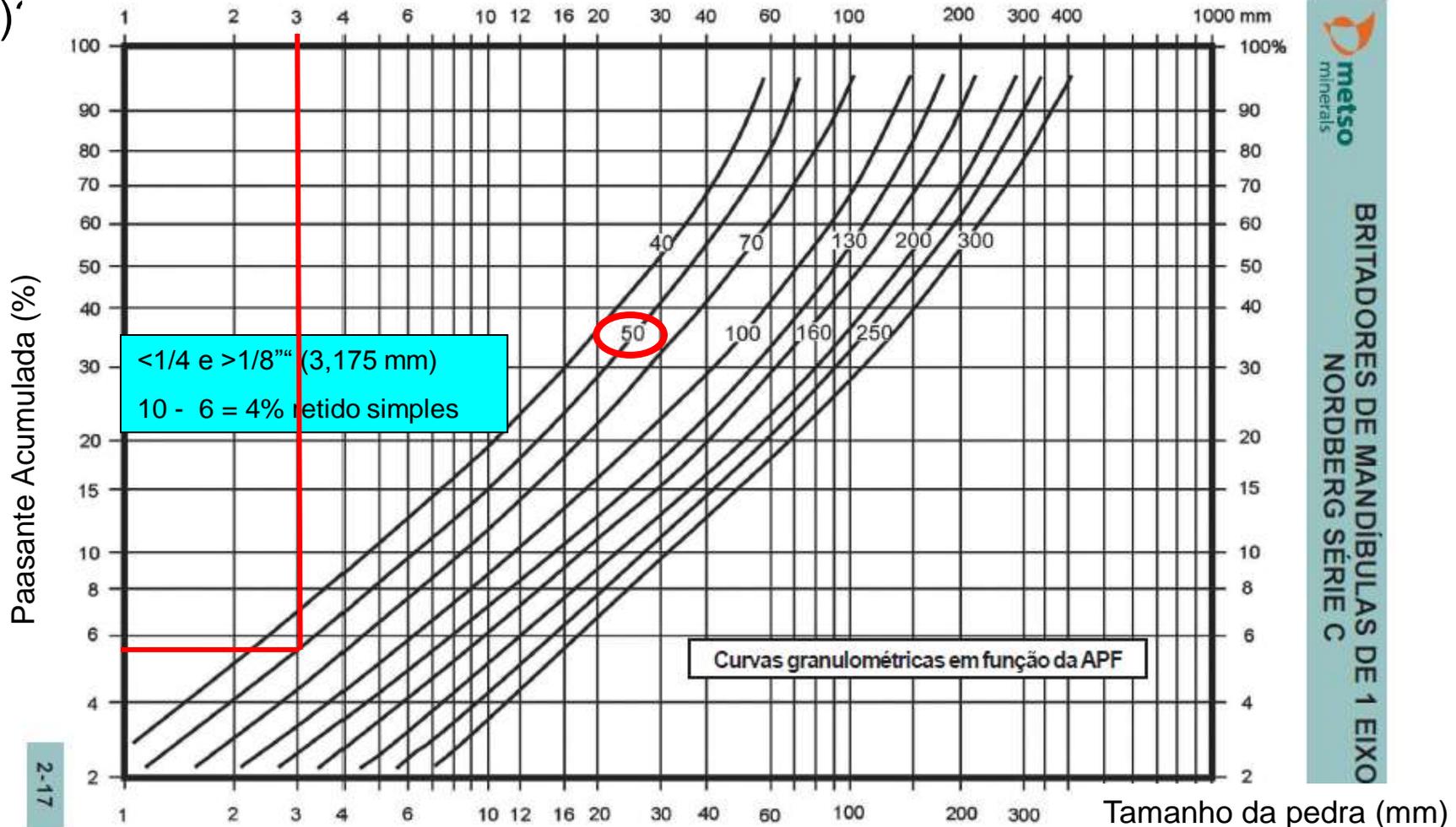
Britagem – Produtos dos britadores

- Qual a distribuição granulométrica considerando uma APF de 2" (50,8 mm)?



Britagem – Produtos dos britadores

- Qual a distribuição granulométrica considerando uma APF de 2" (50,8 mm)'



Britagem – Produtos dos britadores

- Qual a distribuição granulométrica considerando uma APF de 2" (50,8 mm)?

Malha (mm)	Passante acumulado (%)	Retido acumulado (%)	Retido simples (%)
101,6	100	0	0
50,8	68	32	32
25,4	35	65	33
12,7	18	82	17
6,35	10	90	8
3,175	6	94	4
-3,175	0	100	6

Britagem – Produtos dos britadores

- Para britadores cônicos, é um pouco diferentes: natureza do minério e etapas de processamento:

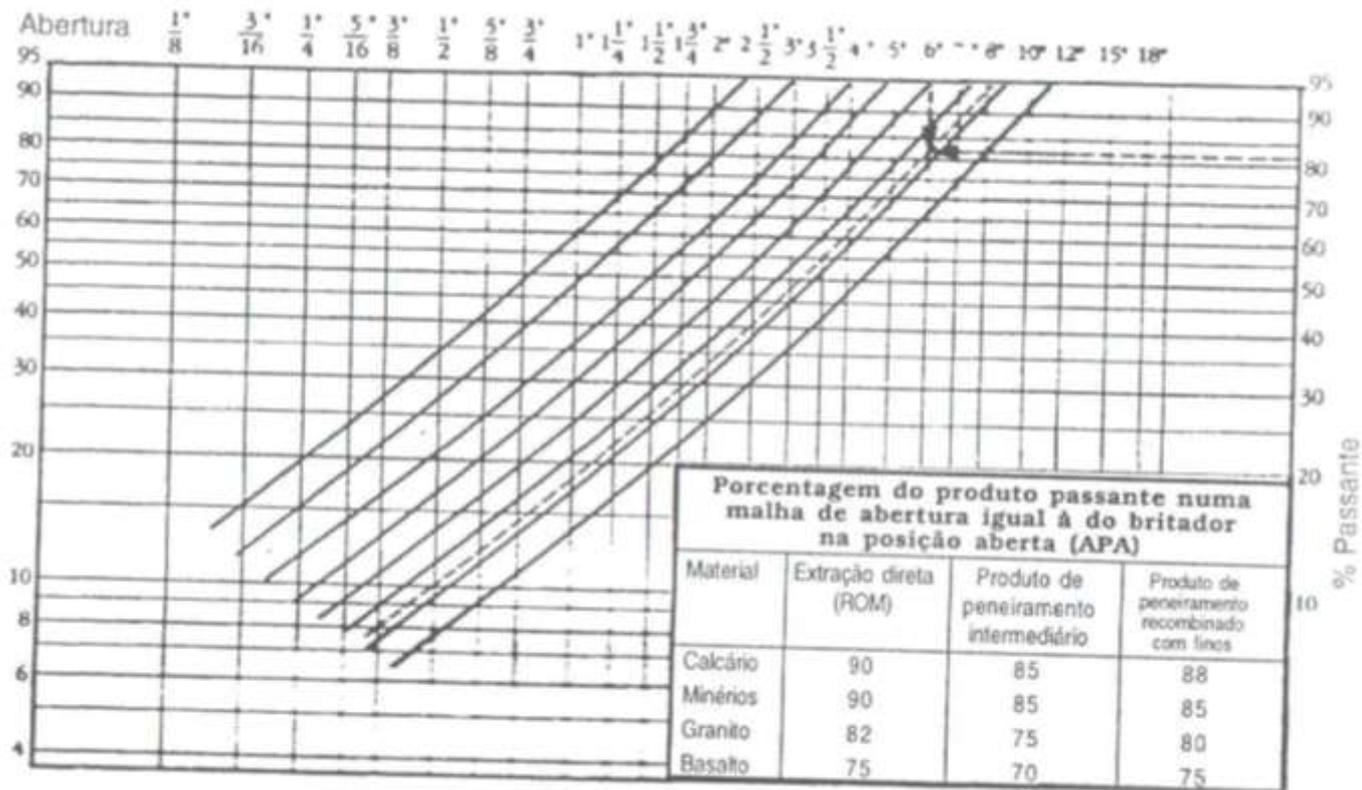
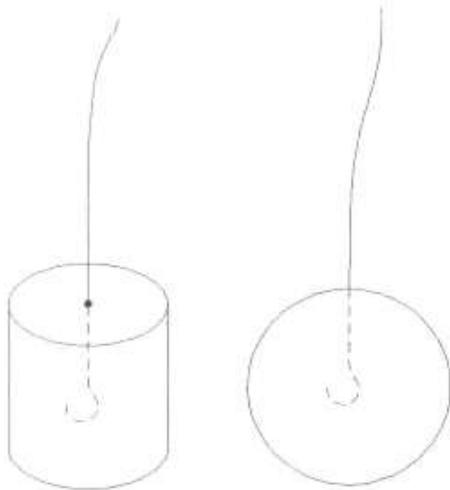
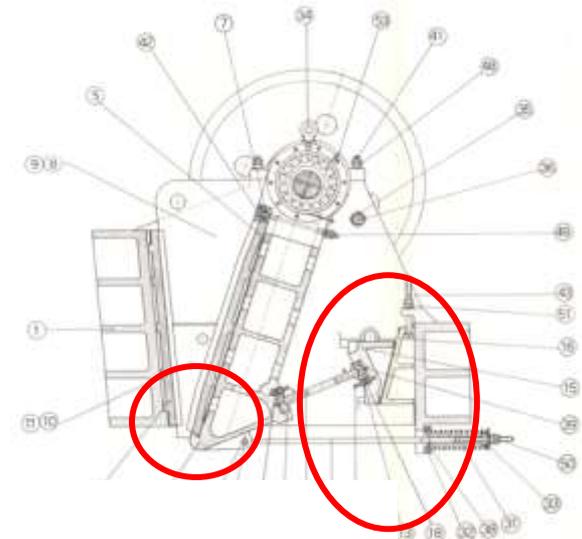


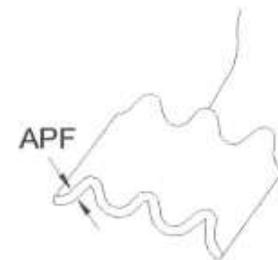
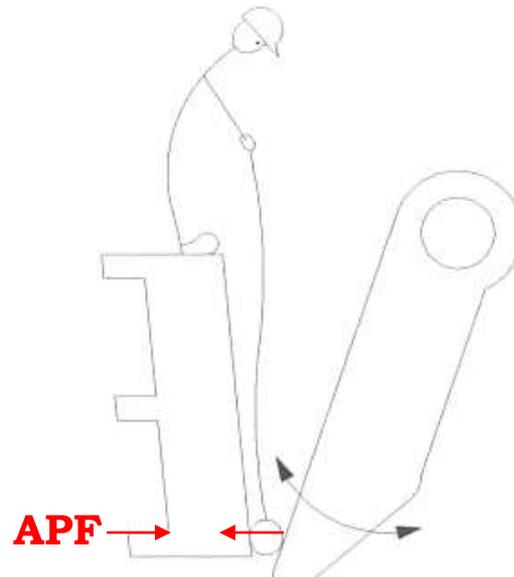
Figura 15 – Distribuições granulométricas de britadores giratórios (gráf. 2-07 de 2).

Britagem – Produtos dos britadores

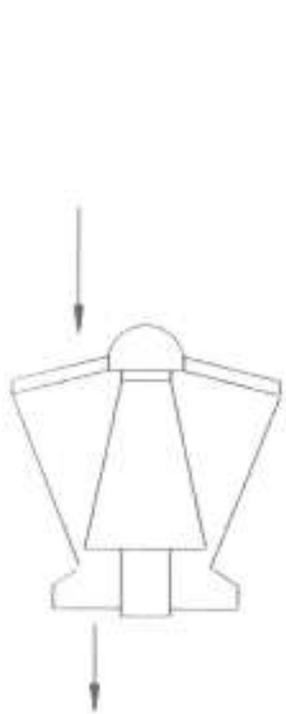
- a abertura de saída do britador pode ser variada e afeta a distribuição granulométrica
- $APA = APF + \text{movimento do queixo / excêntrico}$



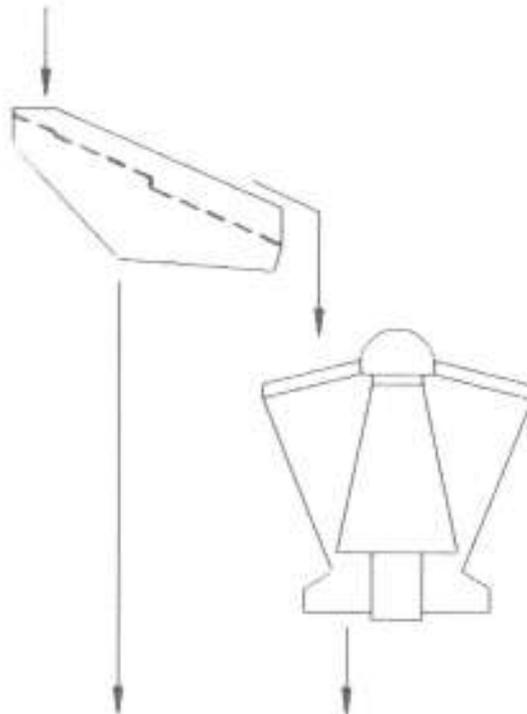
bola de chumbo, cano



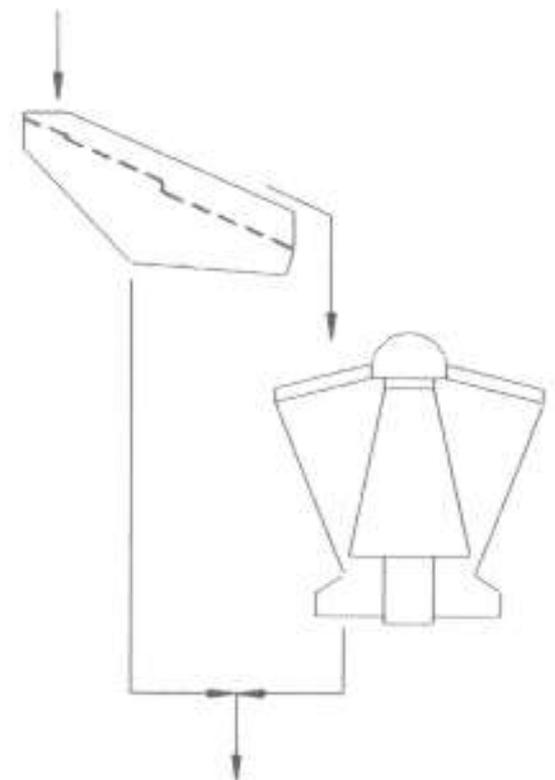
Britagem – Circuitos



alimentação de ROM



escalpe dos finos



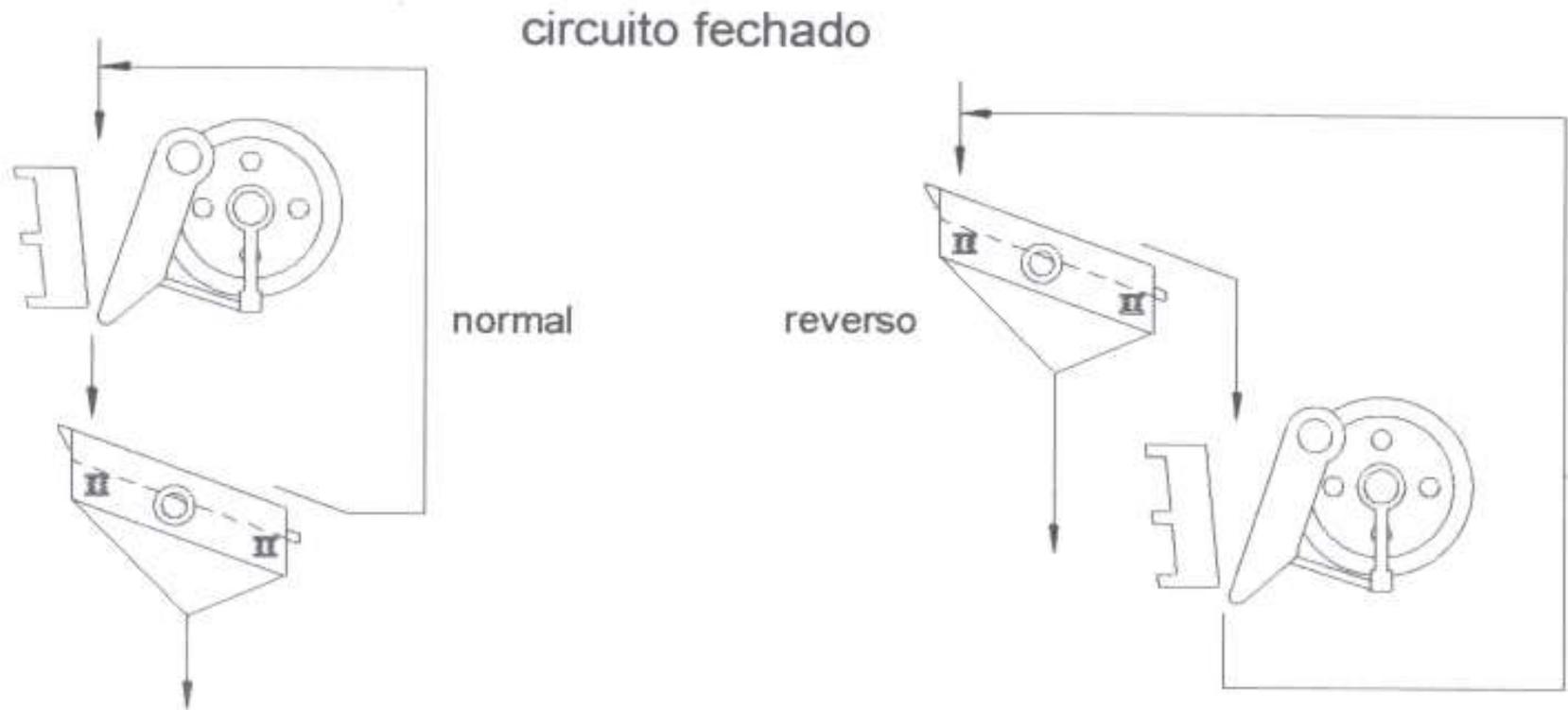
recombinação dos finos

alimentação direta
recombinado

escalpe

escalpado e

Britagem – Circuitos



Britagem – Circuitos

- Carga circulante:

Circuito fechado normal

$$R_1 = \frac{10^6}{EY} - 100$$

Circuito fechado reverso

$$R_2 = \frac{1}{Y} \left[\frac{10^6}{E} - 100 Z \right]$$

R_1, R_2 = carga circulante em porcentagem da alimentação nova;

E = eficiência de peneiramento (%) = massa passante na peneira/massa passante na alimentação da peneira.

Y = % passante na peneira da descarga do britador.

Z = % de passante na alimentação nova.

Britagem – Circuitos

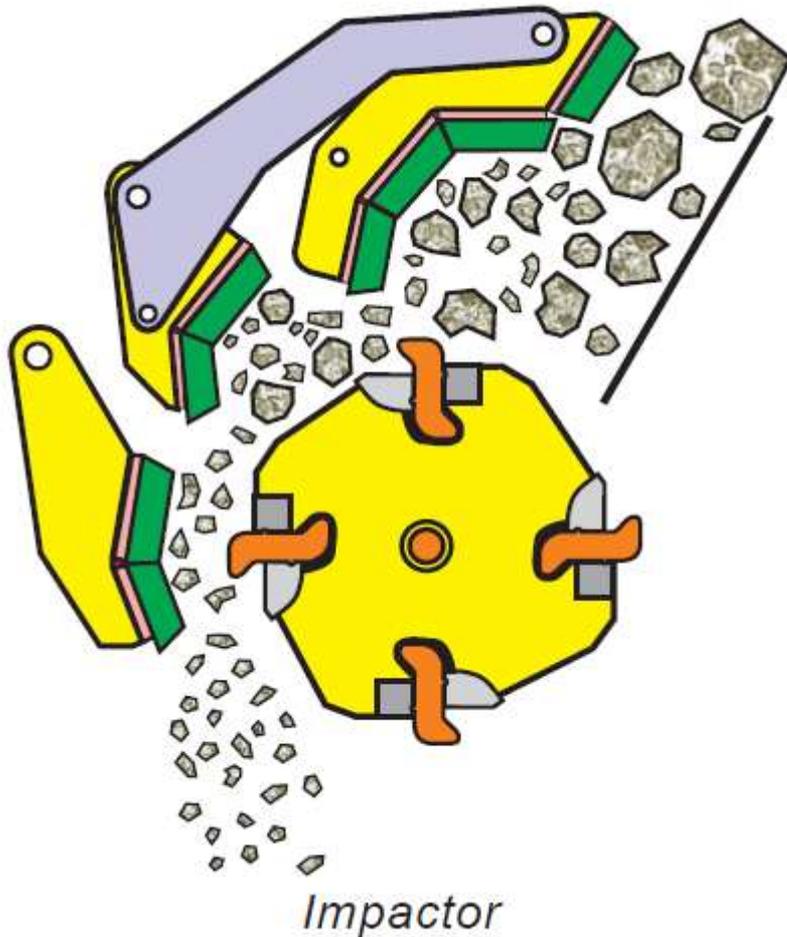
□ Exercício:

10) Calcular a carga circulante dos circuitos de britagem cujos dados são fornecidos abaixo:

- a) Circuito fechado normal: 90% de eficiência de peneiramento, do produto que sai do britador e alimenta a peneira, 70% são passantes na malha de abertura da peneira
- b) Circuito fechado reverso: 90% de eficiência de peneiramento, do produto que sai do britador e alimenta a peneira, 70% são passantes na malha de abertura da peneira e a alimentação nova contém 20% de material passante na malha de abertura da peneira.

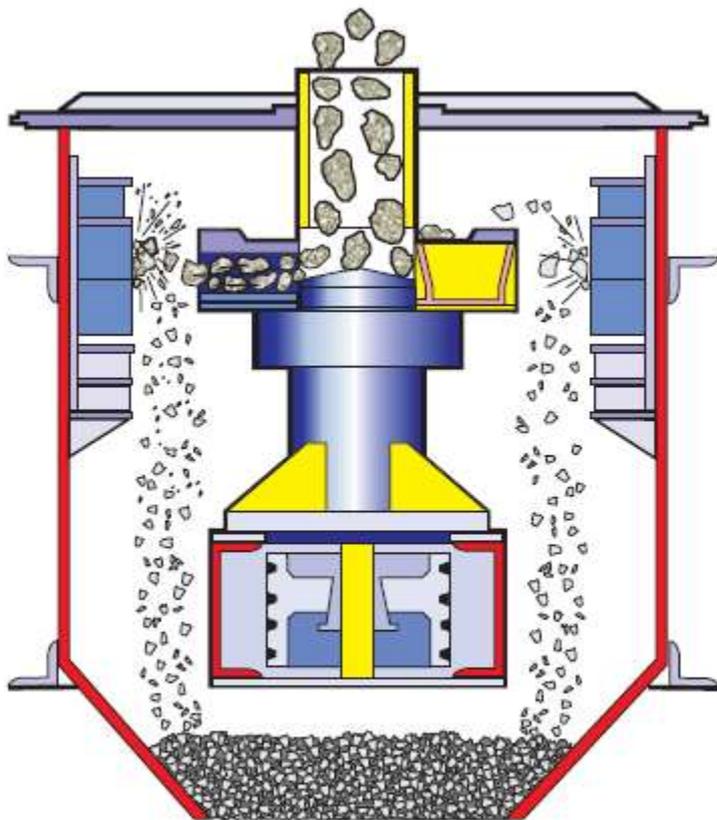
Outros britadores

□ Britador de impacto



Outros britadores

□ Britador de impacto



Impactor VSI

Fonte: Manual metso, 6

edição



Fonte: Manual metso, 6

edição

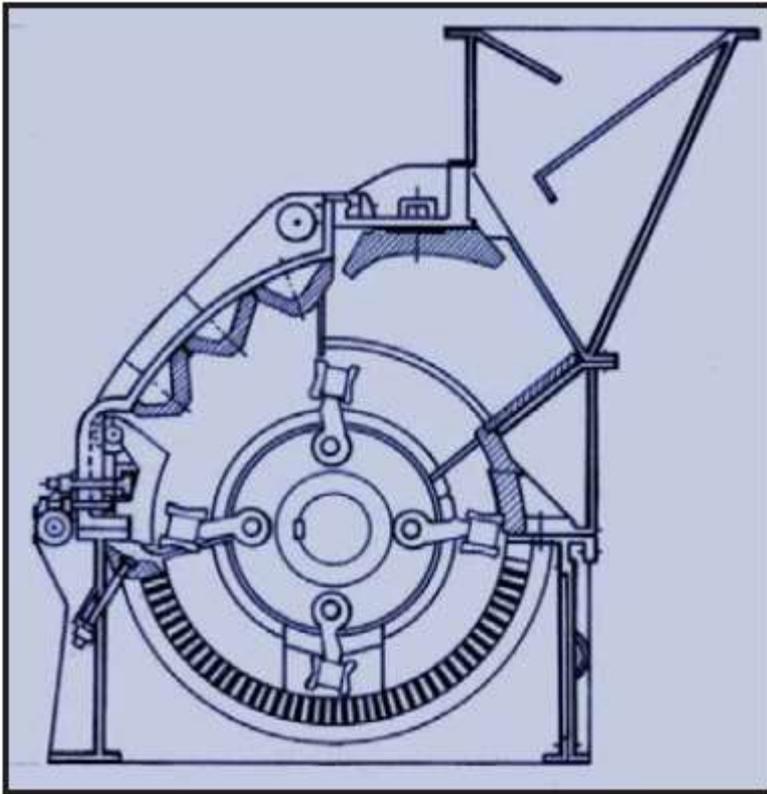
Outros britadores

- Britador de impacto

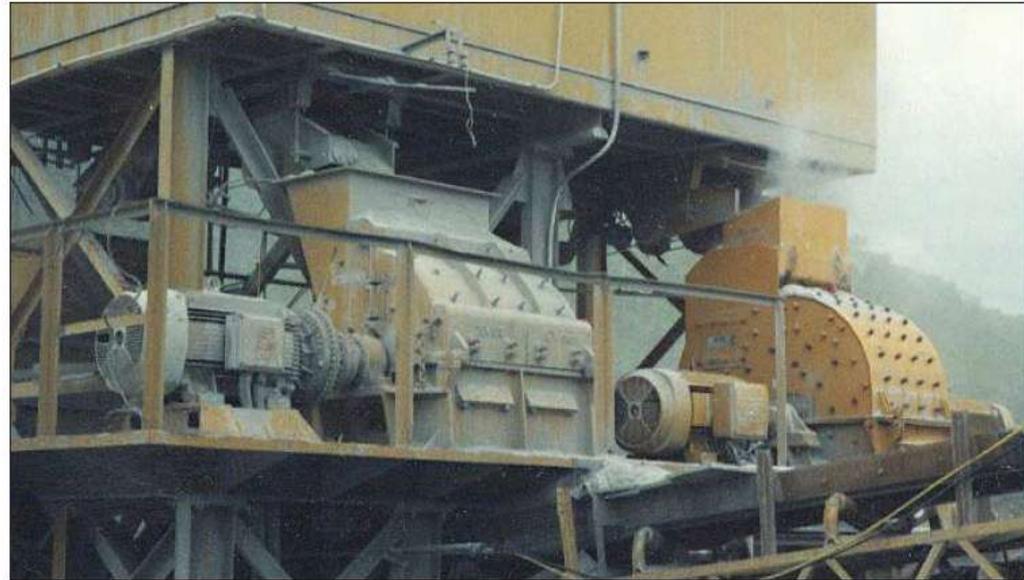
Vídeo

Outros britadores

- Moinho de martelos



Moinho de martelos



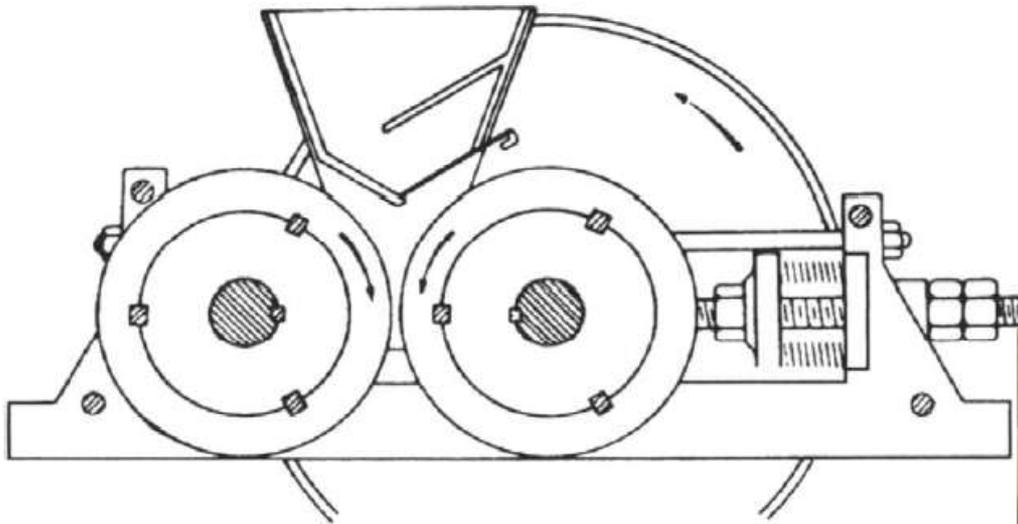
Outros britadores

- Moinho de martelos

Vídeo

Outros britadores

□ Britador de rolos



Fonte: Wills, 2006.



Outros britadores

- Britador de rolos dentados



Outros britadores

- Sizers



Outros britadores

- Sizers

Vídeo

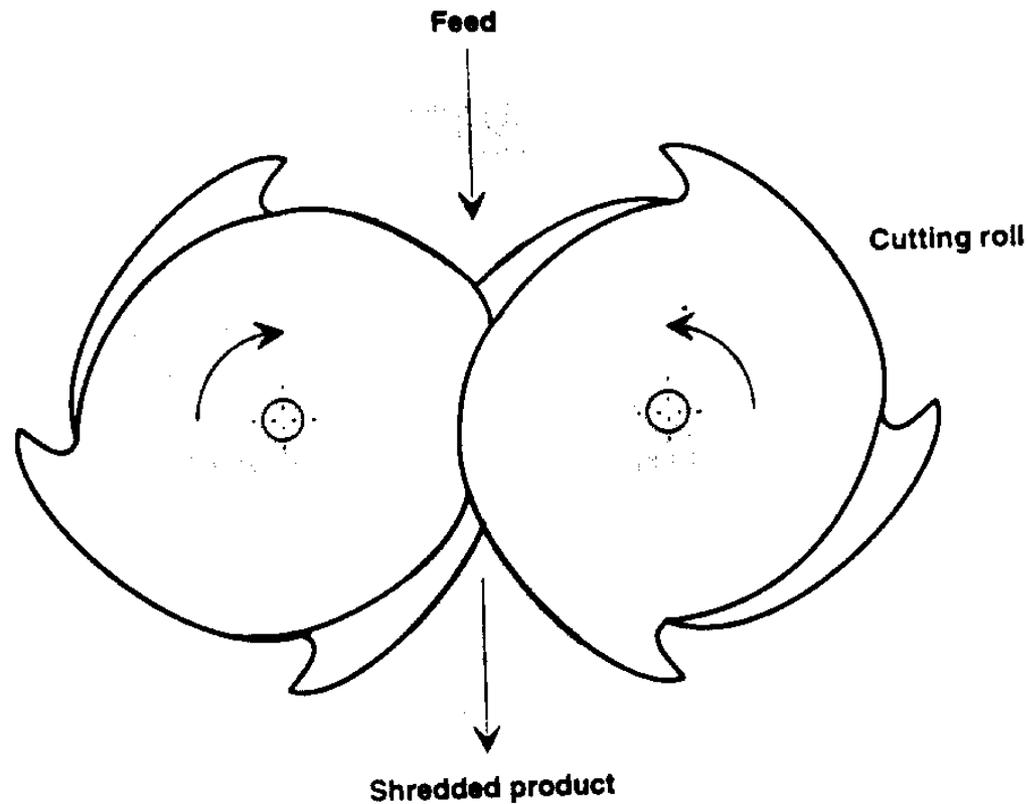
Outros britadores

□ HPGR



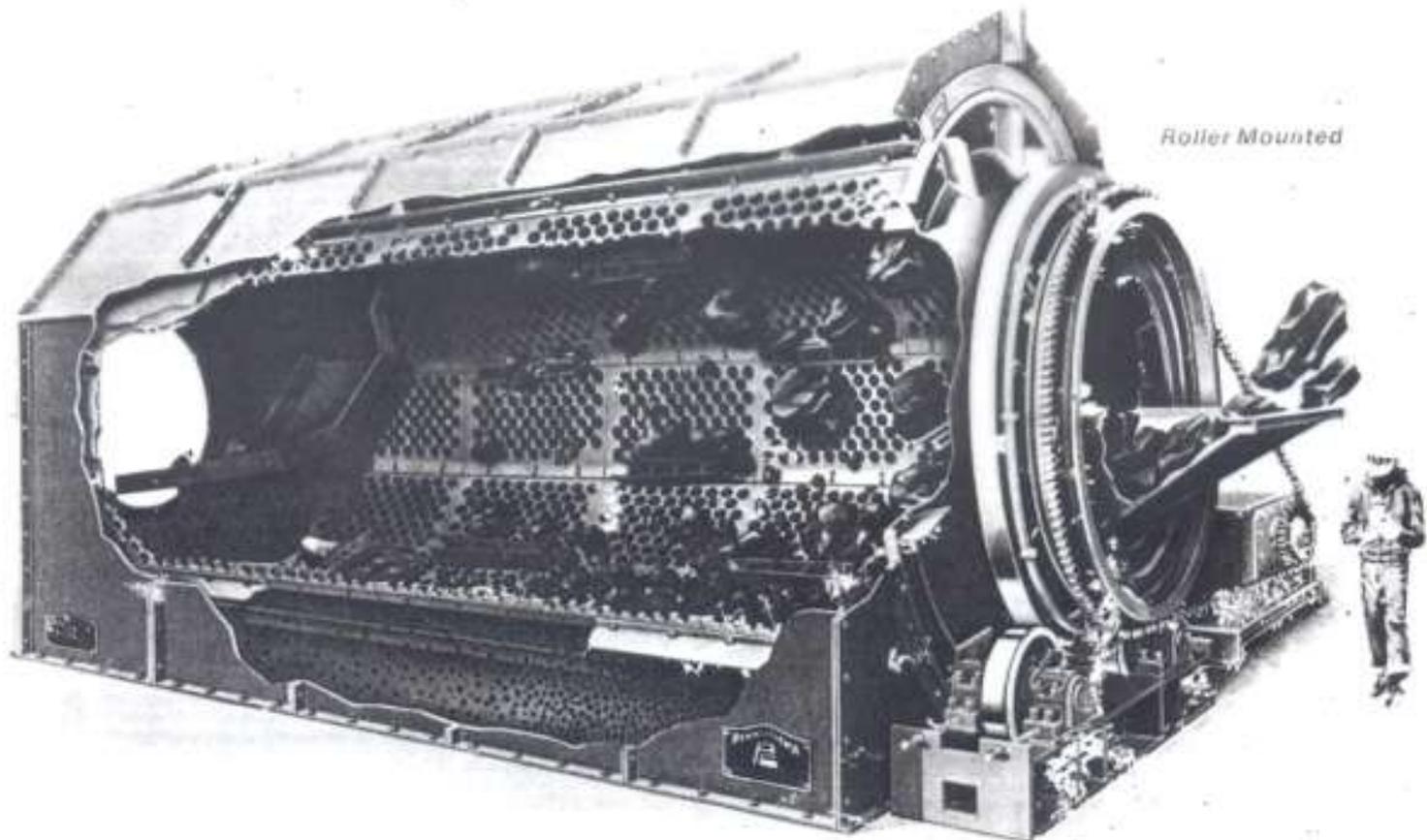
Outros britadores

- Schredders



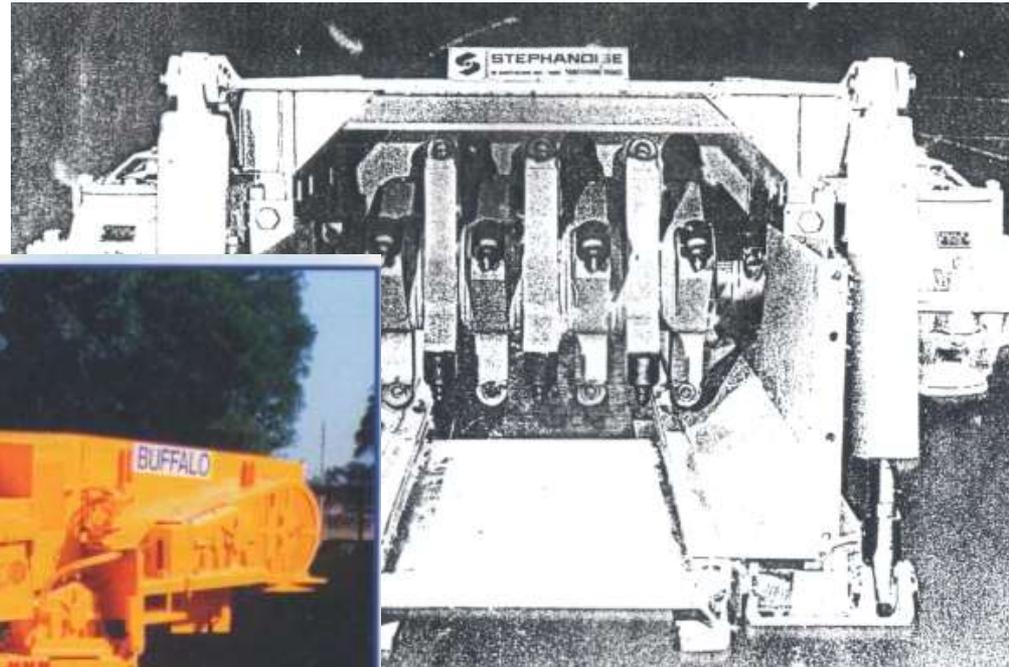
Outros britadores

- Britador de carvão - bradford



Outros britadores

- Britador de carvão – feeder breakers



Escolha de equipamentos

Máquina	Aplicação												
	Brit. prim., mat. dinam., abrasivo, acima 800 t/h ^{1,5,6}	Brit. prim., mat. dinamitado, abrasivo, abaixo 800 t/h ^{1,5,6}	Britagem prim., mat. dinamitado, não-abrasivo ¹⁷	Britagem secundária, mat. abrasivo ^{2,5,6}	Britagem secundária, mat. não-abrasivo ²⁷	Britagem fina, maximizar os finos, mat. abrasivo ^{3,5,8}	Brit. fina, maximizar os finos, mat. não-abrasivo ^{3,7,8}	Britagem fina - Alimentação úmida e pegajosa ³	Britagem fina - pouca quant. de finos ^{3,8}	Areia de brita, mat. abrasivo ¹⁴	Areia de brita, mat. não-abrasivo ²⁴	Cubicização, mat. abrasivo ¹	Britar ferro-liga, minimizar a quant. de finos ⁸
Britador giratório primário	E	B	B										
Britador de mandíbulas primário	B	E	B										B
Impactor primário	P	P	E										
Rebritador de mandíbulas secundário				B	B								
Impactor secundário				P	E	P	B	B				P	
Rebritador cônico				E	E	B	B	P	E	E	E	B	B
VSI Barmac série B (autógeno)						M	E	E	P	E	E	E	
VSI Barmac série VI						P	E	P	P		B		
Moinho de martelos							E				P		
Britador de rolos									E				E

- Excelente (E): melhor escolha para a aplicação
- Boa (B): É aplicável, porém, não é a melhor opção;
- Possível (P): É aplicável com restrições. O seu uso deve ser precedido de detalhado estudo técnico;
- Inviável (): Salvo raras exceções, seu uso é inviável ou totalmente anti-econômico

Dimensionamento de britadores



- **Condição de recepção**
- **Condição de processo;**
- **Capacidade.**

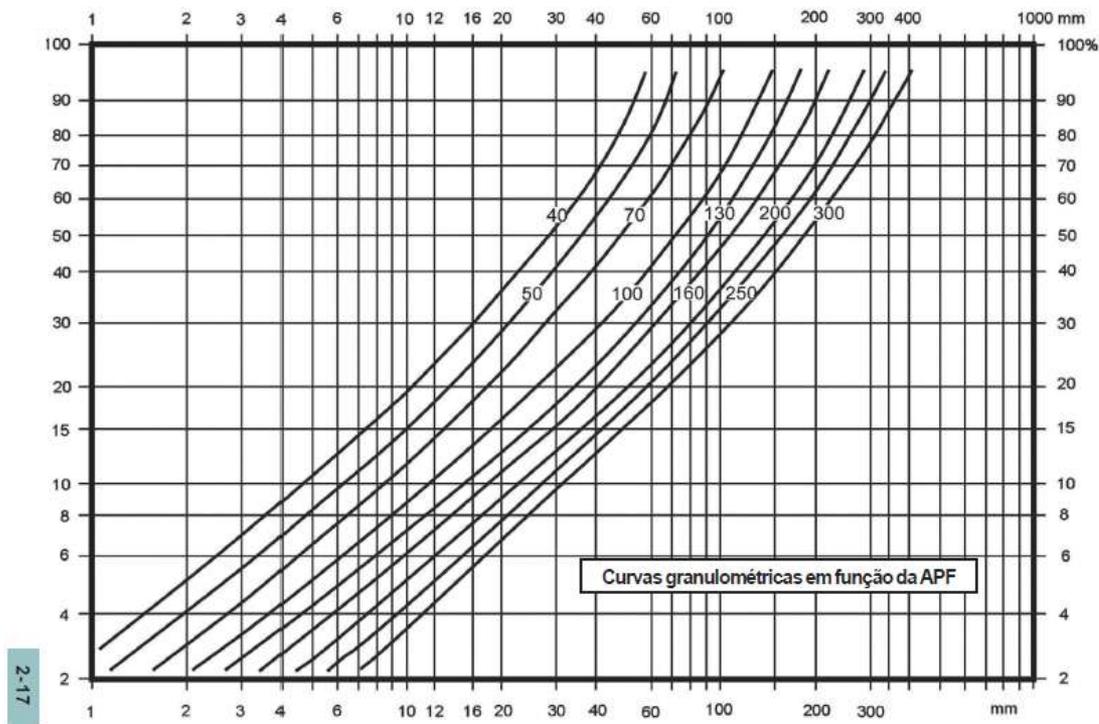
Dimensionamento de britadores

- **Condição de recepção:** Abertura suficiente para que o fragmento a ser britado chegue a uma posição adequada na câmara de britagem para que possa ser britado.

$$Gape = \frac{\textit{tamanho da maior partícula da alimentação}}{0,8 \textit{ a } 0,85}$$

Dimensionamento de britadores

- **Condição de processo:** O britador deve ser capaz de fornecer uma distribuição granulométrica conforme as especificações dos processos a jusante.



Dimensionamento de britadores

- **Capacidade:** Variam com o tipo, tamanho e abertura do britador. Para vazões maiores, em geral utiliza-se o britador giratório. Taggart estabeleceu uma regra bastante útil para a seleção de britadores de mandíbulas ou giratórios:

$$X = \frac{\text{vazão em t/h}}{(\text{gape em polegadas})^2}$$

- Se $x > 0,115$, deve-se adotar britadores giratórios; caso contrário, britadores de mandíbulas.
- Atentar para a operação intermitente – necessidade de se utilizar um fator de serviço.

Dimensionamento de britadores

- **Capacidade:** Atentar que os fabricantes podem fornecer valores em t/h ou m³/h

APF	C63	C80	C95	C100	C105	C110	C125	C140	C145	C160	C200	C3055
mm (pol.)	Capacidades em t/h com alimentação de material com densidade aparente de 1,6 t/m ³											
40 (1 5/8)	40	65										
50 (2)	55	80										
60 (2 3/8)	65	95	120									
70 (2 3/4)	80	115	140	150	155	190						240
80 (3 1/8)	95	130	160	170	175	210						270
90 (3 1/2)	110	150	180	190	200	235						295
100 (4)	120	165	200	215	220	255	290					325
125 (5)		210	250	265	280	310	350	385	400			390
150 (6)		250	300	315	335	370	410	455	470	520		460
180 (7)		290	360	370	390	425	470	520	540	595	760	530
200 (8)				420	445	480	530	590	610	675	855	600
225 (9)							590	655	680	750	945	
250 (10)							650	725	750	825	1040	
275 (11)									820	900	1130	
300 (12)										980	1225	

Dimensionamento de britadores

- **Capacidade:** pode variar em função das características do minério:
 - Densidade aparente dos materiais britados:

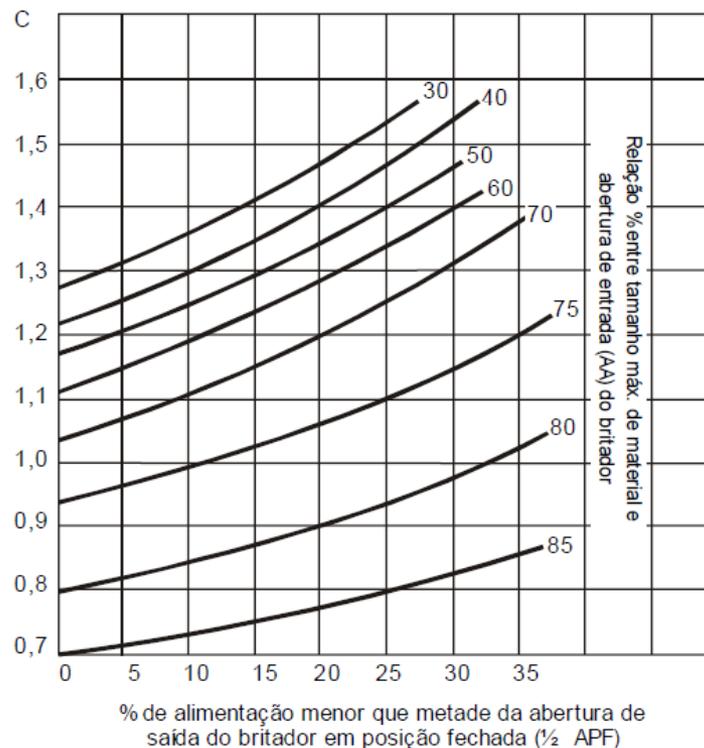
t/m ³	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
Fator A	0,75	0,81	0,88	0,94	1	1,06	1,13	1,19	1,25	1,31	1,38	1,44	1,5

- Work index

Wi	10	12	14	18	22
B	1,15	1,1	1	0,9	0,8

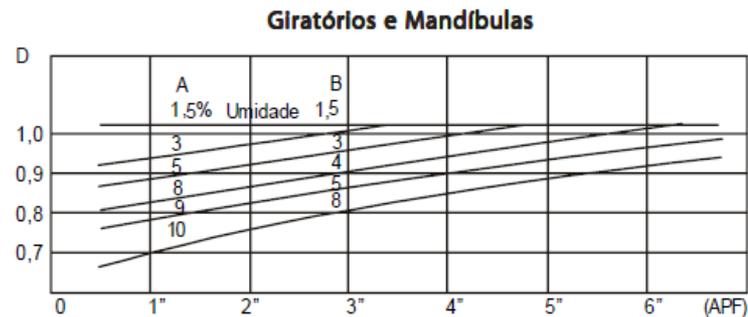
Dimensionamento de britadores

- **Capacidade:** pode variar em função das características do minério:
 - Fator de tamanho de alimentação:

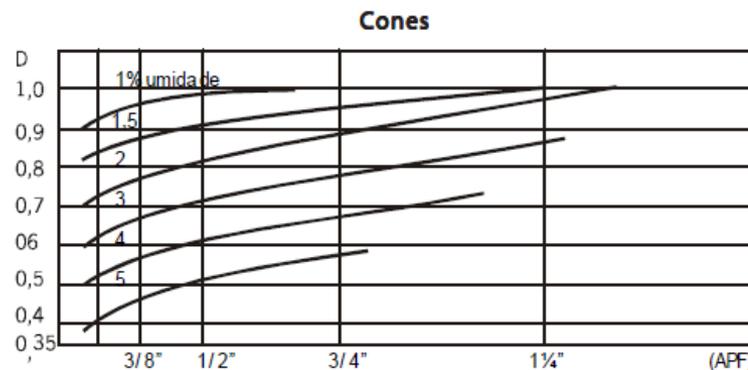


Dimensionamento de britadores

- **Capacidade:** pode variar em função das características do minério:
 - Fator de umidade:



A: < 5% de argila
B: > 5% de argila



Dimensionamento de britadores

- **Capacidade:** a capacidade do britador será dada por:

$$Q = Q_t \times A \times B \times C \times D$$

Onde Q_t é a vazão tabelada.

Dimensionamento de britadores

□ **Comentários:**

- Como os três fatores tem que ser atendidos, muitas vezes é necessário selecionar um britador com capacidade instalada maior que a necessária;
- A potência instalada é geralmente superior ao máximo necessário a fragmentação correspondente, estimada por métodos teóricos;
- Equipamento que costuma ficar na interface da mina e usina, devendo atender ao regime operacional de ambas, o que significa, por exemplo, lidar com a intermitência da mina -> Fator de serviço:
 - 1,5 para britagem primária;
 - 1,25 para os demais britadores.

Dimensionamento de britadores

□ Exercício:

13) Uma mina de hematita produz $8,1 \times 10^6$ t/a, operando dois turnos de 8 horas por dia e parando aos domingos, quando é feita a manutenção programada. A mina para também durante 5 feriados no ano e, em média, 20 dias durante o ano devido a imprevistos (neblina, chuva ou outros). Pergunta-se:

- a) qual a disponibilidade (tempo disponível para operação) da instalação?
- b) qual deve ser a capacidade nominal do britador, se a efetividade (utilização) da instalação é de 94%? Lembre de considerar o fator de serviço.

Dimensionamento de britadores

□ Exercício:

15) Selecionar e dimensionar britador primário que atenda à cada um dos seguintes conjuntos de características, indicando a distribuição granulométrica do produto, através do top size, P_{90} , P_{80} , P_{50} e P_{20} , além de % passante na malha igual a APA, APF e 60% da APF. Informar fabricante, modelo, dimensões principais, potência do motor, peso da máquina e aberturas APA e APF da descarga.

b) Caso 2:

Minério: Carbonatito proveniente de mina a céu aberto

Umidade: <2%

Work index: 12 kWh/t

Capacidade da instalação: 1.200 t/h

Top size do ROM: 30"

Características da alimentação

- Resistência ao impacto:
 - ▣ WI de britagem de Bond (ou duplo pendulo de Bond):
 - ▣ Drop weight test
 - ▣ Hopkinson Pressure Bar

- Abrasão:
 - ▣ Teste Allis-Chalmers
 - ▣ Los Angeles

Características da alimentação

□ Ensaio Metso - Sorocaba

DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

Estabelecimento de comportamento real dos britadores a partir de teste de pequena amostra de mineral, comparando os resultados com medições feitas com material bem conhecido. Amostra de 50kg de material com granulometria 1-1/2" (25-12mm)
A precisão de previsão é diretamente ligada com a representatividade da amostra testada. No caso da mina não ser geologicamente uniforme, recomenda-se um maior número de testes.

1 ÍNDICE DE ABRASÃO (BOND) $A_i = 0,525$

Equipamento -Tambor rotativo tipo Pensilvânia.			Medição -Desgaste de palheta g		
Referência	Abrasividade Baixa		Média	Alta	
Calcário	$A_i = 0,001-0,03$		Basalto	$A_i = 0,2-0,3$	Granito $A_i = 0,4-0,65$
Dolomita	$A_i = 0,03-0,1$		Hematita	$A_i = 0,2-0,35$	Quartzito $A_i = 0,65-0,9$

2 ÍNDICE DE PRODUTOS (BOND) $W_i = 19,2$ kWh/st

Equipamento-Moinho de Barras 1'x2'			Medição a 16 mesh		
Valores de referência		kWh/st			
Calcário	8 -11	Dolomita	9--13	Hematita	9--14 Granito 11--20

Características da alimentação

□ Ensaio Metso - Sorocaba

3	DENSIDADE APARENTE	Y =	1,64	t/m³
----------	---------------------------	------------	-------------	------------------------

Medição em amostra 1/2"-0 (12-0mm)

4	DENSIDADE REAL	Yr =	2,80	t/m³
----------	-----------------------	-------------	-------------	------------------------

Densidade de rocha sólida

TESTE DE BRITAGEM

Equipamento Britador 75x50mm-Mandíbulas lisas CSS=4,5mm.Célula de carga.

Medição : Capacidade (5) Esforços (6) Lamelaridade (7) Granulometria (8)

Amostra : 10kg de mineral com tamanho 3/4-1/2"(20-12mm)

Referência : Granito de Cantareira Sorocaba Wi=11 Densidade aparente Yo=1,5 t/m³

5	ÍNDICE DE CAPACIDADE VOLUMÉTRICA	C=	73	%
----------	---	-----------	-----------	----------

Tempo para britar uma amostra de granito da Cantareira (padrão)

T0= 69 séc

Tempo para britar a amostra de mineral testado.

T1= 87 séc

Densidade aparente de granito da Cantareira

Y0= 1,5 t/m³

Índice de capacidade volumétrica

$$C = 100 \left(\frac{T_o}{T} * \frac{Y_o}{Y} \right)$$

Referências:

C = 90-110% - usar as medias de capacidades indicadas em manuais

C < 90% - usar os valores mínimos indicados em manuais

C > 110% - usar valores máximos dos manuais

Características da alimentação

□ Ensaio Metso - Sorocaba

6	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA DO MINERAL	R=	182	%
Força em abanadeira quando o granito de Cantareira e processado		Po=	924	kg
Força em abanadeira quando o mineral testado e britado.		P1=	1684	kg

Índice de resistência

$$R = 100 \frac{P_1}{P_0} \%$$

Referências:

R=90-110 Fechamentos mínimos indicados em manuais podem ser usados.

R=70-90 Pode-se reduzir os fechamentos mínimos em 20%

R=110-150 O fechamento mínimo deveria ser aumentado em 20%

Nota: Se o R está fora dos números listados, consultar a engenharia de britagem.

7	ÍNDICE DE LAMELARIDADE	L=	56	%
----------	-------------------------------	-----------	-----------	----------

Metodologia: Em amostra de 300g de mineral britado com granulometria 13-10mm separam-se as partículas com comprimentos iguais ou maiores que a menor dimensão.

Peso da amostra Qo= **1205** g Peso das partículas lamelares Q1= **675** g

Índice de Lamelaridade

$$L = 100 \frac{Q_1}{Q_0} \%$$

Referências

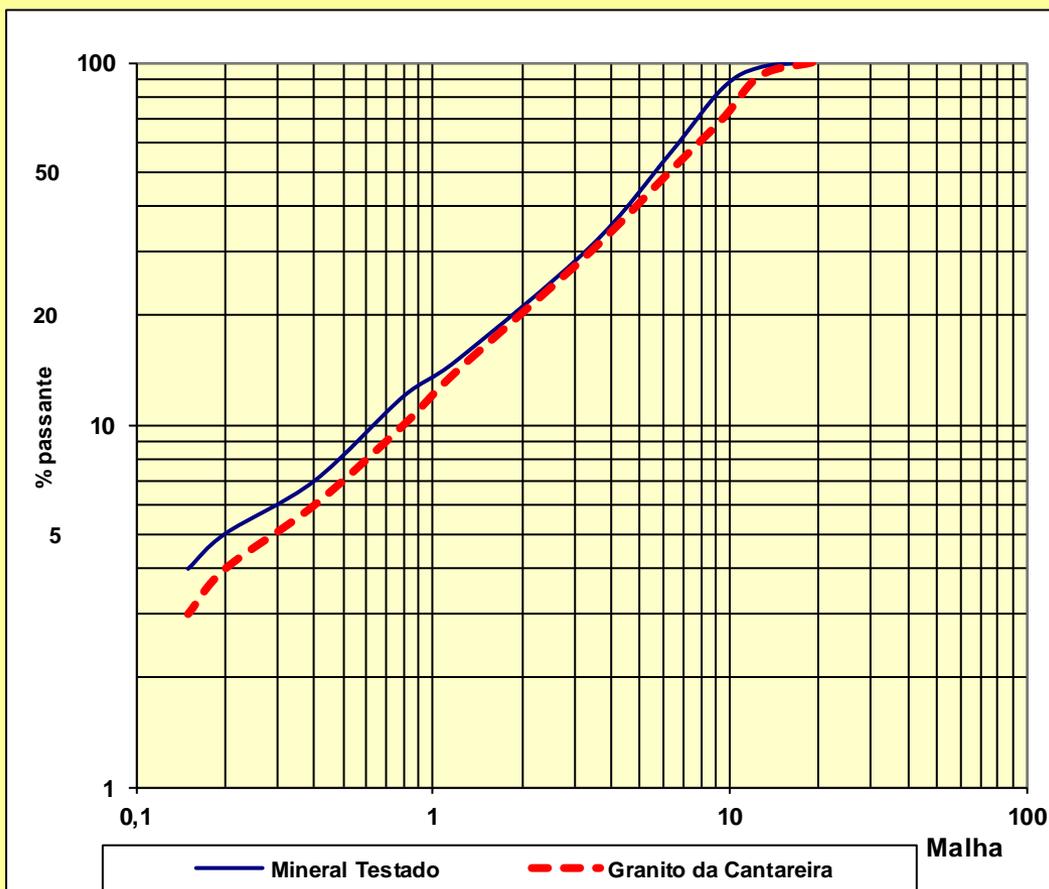
L=0-20% -material cúbico

L=20-40% -tendencia lamelar L>40% Altamente lamelar

Características da alimentação

Ensaio Metso - Sorocaba

8 GRANULOMETRIA



Malha mm	Teste	Correção	
	Passa %	Cantareira %	Teste %
19	100	80	90
12,7	97		
9,5	85	60	70
6,3	56		
3,4	31	40	40
1,2	15		
0,8	12	20	20
0,4	7		
0,2	5	6	7
0,15	4		

Nota

Pode-se desenhar as curvas do produto para mineral testado para as mandíbulas e cones usando os fatores corretivos indicados na tabela para 80,60,40,30,6% de material passante.

Seleção de alternativas

Equipamento	N. de unidades (operando)	Tamanho	Potência (hp)	P80 produto	Passante em 0,150 mm	Observações
Moinho de barras	01	3,81 x 5,48 m	1.400	8 mm	12 a 35%	Custo da reforma: aproximadamente R\$ 2.320.000 (40% do novo)
Britador de rolos	03	modelo 100120 / 16.000 kg / 1,0 x 1,2 m	3 x 2 x 60	9,5 mm	Praticamente o que tem na alimentação	Custo por máquina: R\$ 400.000,00 Dificuldade operacional e alto custo de manutenção segundo ferros
Britador cônico	02	Modelo HP300 / 15.810 kg / 2,2 x 2,2 m	2 x 268	10	Praticamente o que tem na alimentação	Custo por máquina: R\$ 900.000,00 Dificuldade operacional devido a alta umidade de alimentação.
Britador de impacto	03	Modelo B9100SE / 17.357 kg	3 x 500	Depende de ensaio	Depende de ensaio	Custo por máquina: R\$ 770.000,00 Maior geração de finos que os cônicos e de rolos.
Moinho de martelo						Alta geração de finos Metso não recomenda este equipamento para AI acima de 0,09 g/kWh
HPGR	01	75.000 t / 1,4 m x 0,8 m	2 x 536	Depende de ensaio	Depende de ensaio	Custo por máquina: R\$ 6.000.000,00 Dificuldade em aceitar material acima de 35 mm

Variáveis

- Variáveis que afetam a operação de um britador
 - Variáveis de projeto
 - Tipo de minério / rocha
 - Curva de distribuição granulométrica da alimentação e produto
 - Capacidade
 - Work Index
 - Índice de Abrasão
 - Densidade
 - Umidade
 - Contaminação (argila, p. ex.)
 - Variáveis de Controle operacional
 - Regulagem da APF
 - Nível da câmara de britagem

Variáveis

- Variáveis de Controle operacional
 - Nível da câmara de britagem

Tabela 5.1. Importância da operação com câmara cheia na performance de um britador cônico. Britador cônico Hydrocone britando gneisse/ diabásio com tamanho de 3 a 9 mm (Svensson et al., 1996)

	Câmara cheia	Câmara no nível mínimo
APF (mm)	9,5	9,5
% < APF no produto	72	56
% < 6 mm no produto	50	34
Potência (kW)	90	45
Pressão (MPa)	3,9	1,8
Capacidade (t/h)	107	77
kWh/ton -6mm	1,67	1,73

FONTES:

- Mineral Processing Technology – Barry Wills e Tim Nappier-Munn. 2006.
- Chaves, A. P. Teoria e prática do tratamento de minérios. Vol. 3. 2006.
- Material de aula do Prof. Homero Delboni Jr. Da disciplina PMI430 – Tratamento de minerais. Britagem e classificação.
- Manual de britagem Metso. 6 edição. 2005.
- Gupta, A.; Yan, D.; **Mineral processing design and operation: an introduction**. Elsevier, 2006. 693 p. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444516367>
- Imagens e vídeos google images
- Imagens do autor