

Processamento de Materiais Cerâmicos



Beneficiamento de matérias- primas

Processamento de Materiais Cerâmicos

Beneficiamento de matérias-primas

Quanto mais específica a aplicação de um produto cerâmico e, ainda, quanto maior o grau de automatização na produção do mesmo, maior a necessidade de tratamento das matérias-primas (MP) envolvidas no desenvolvimento de um corpo cerâmico.



Beneficiamento envolve:

diminuição do tamanho de partículas da

MP

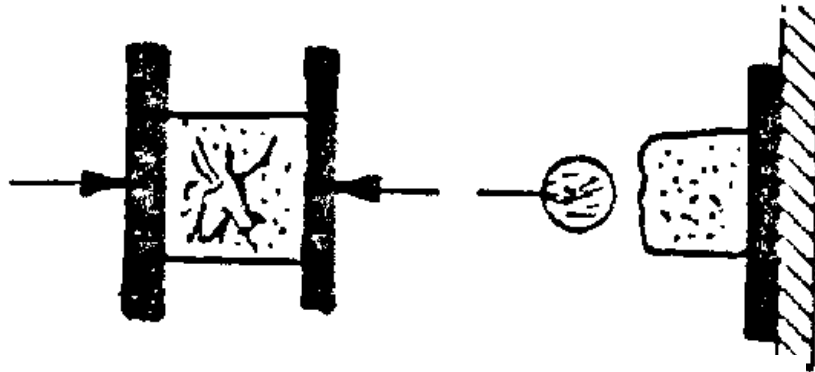
- ❖ classificação granulométrica
- ❖ etapas de purificação química e operações unitárias, como:
 - filtração
 - flotagem
 - lavagem
 - lixiviação



1. Cominuição/Moagem

Modos de desintegração

[Navarro, 1985/3:334]



Compressão

Choque +
compressão



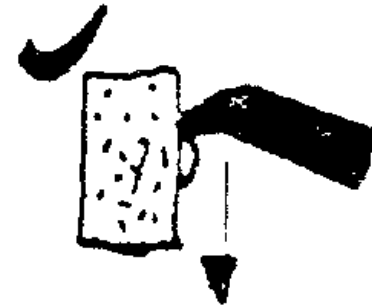
Desagregação



Choque
recíproco



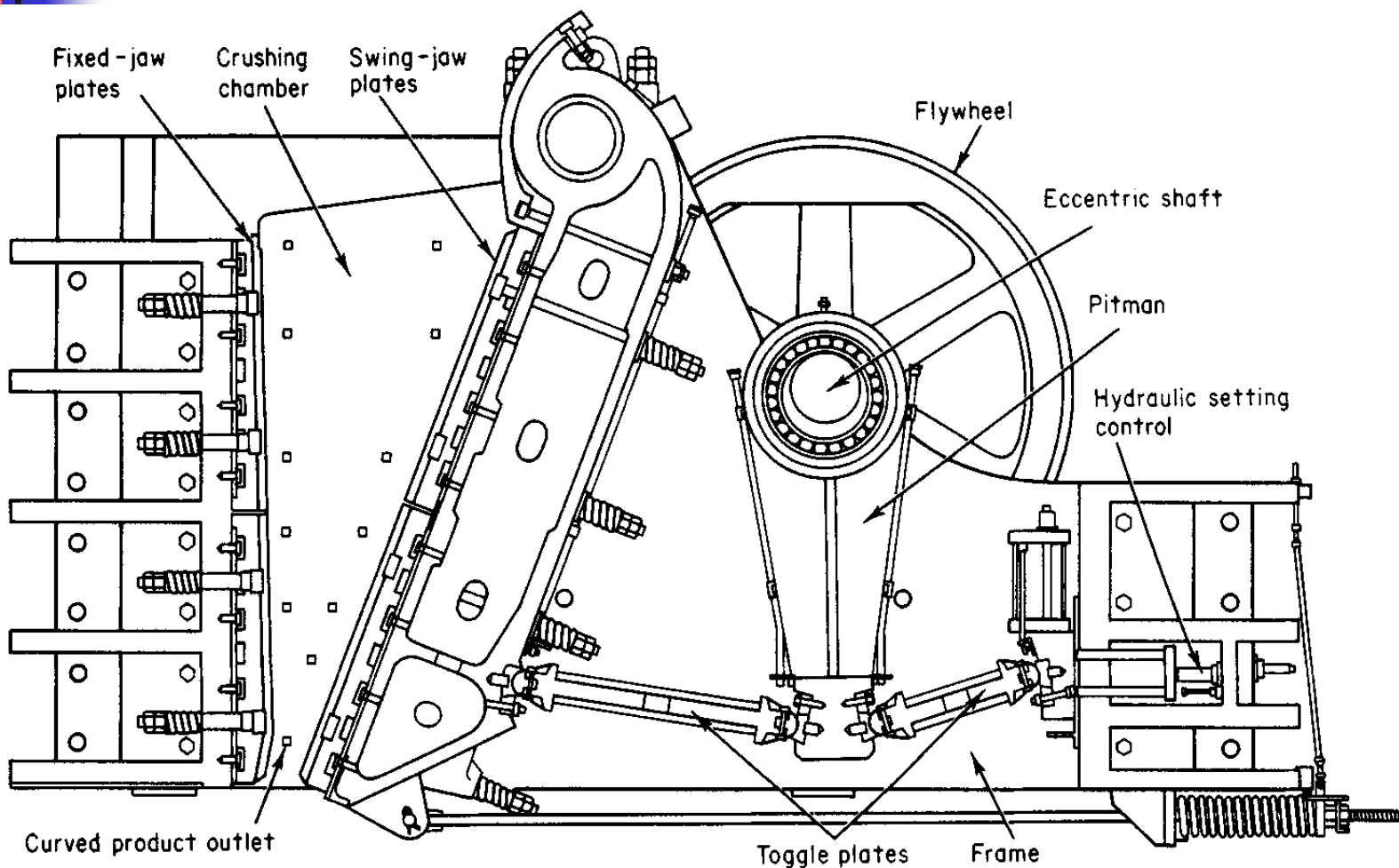
Abrasão



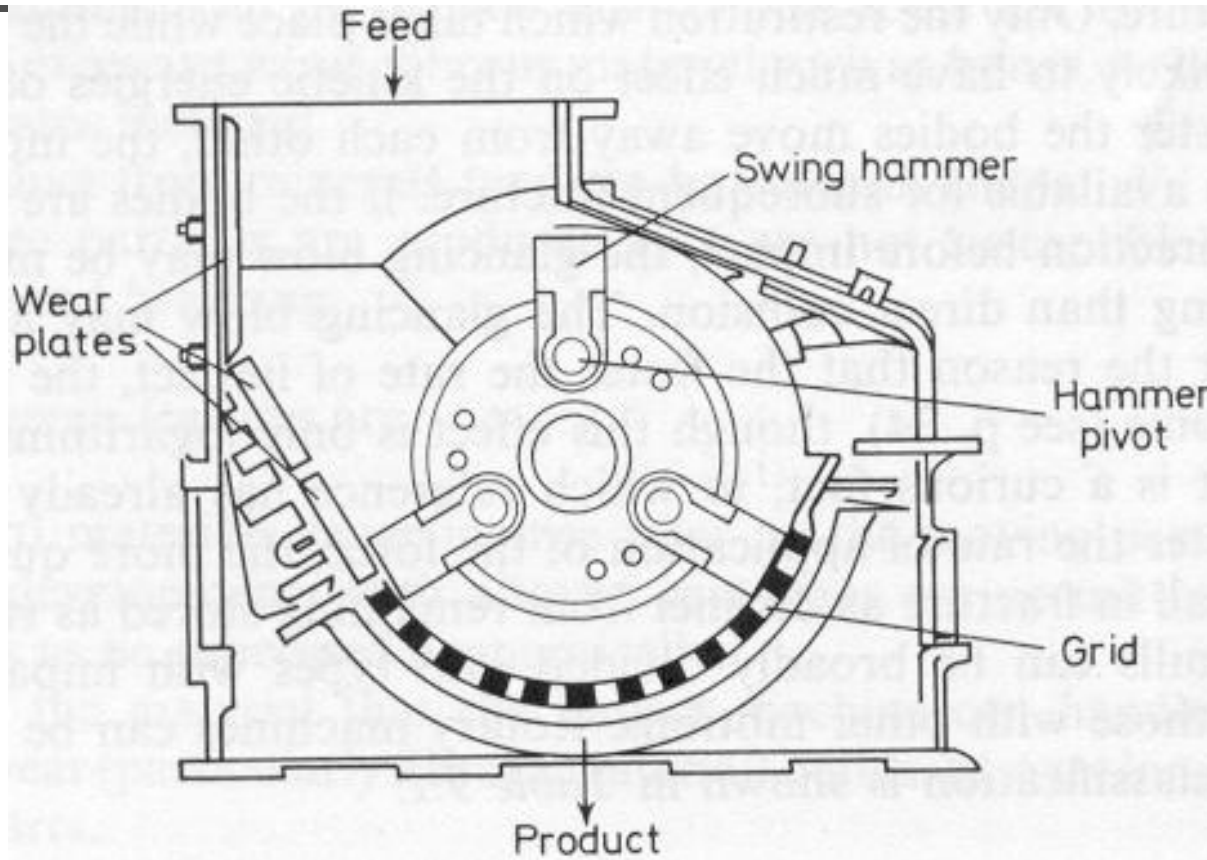
Corte

1. Britagem

Britador de mandíbulas



Britador de martelos



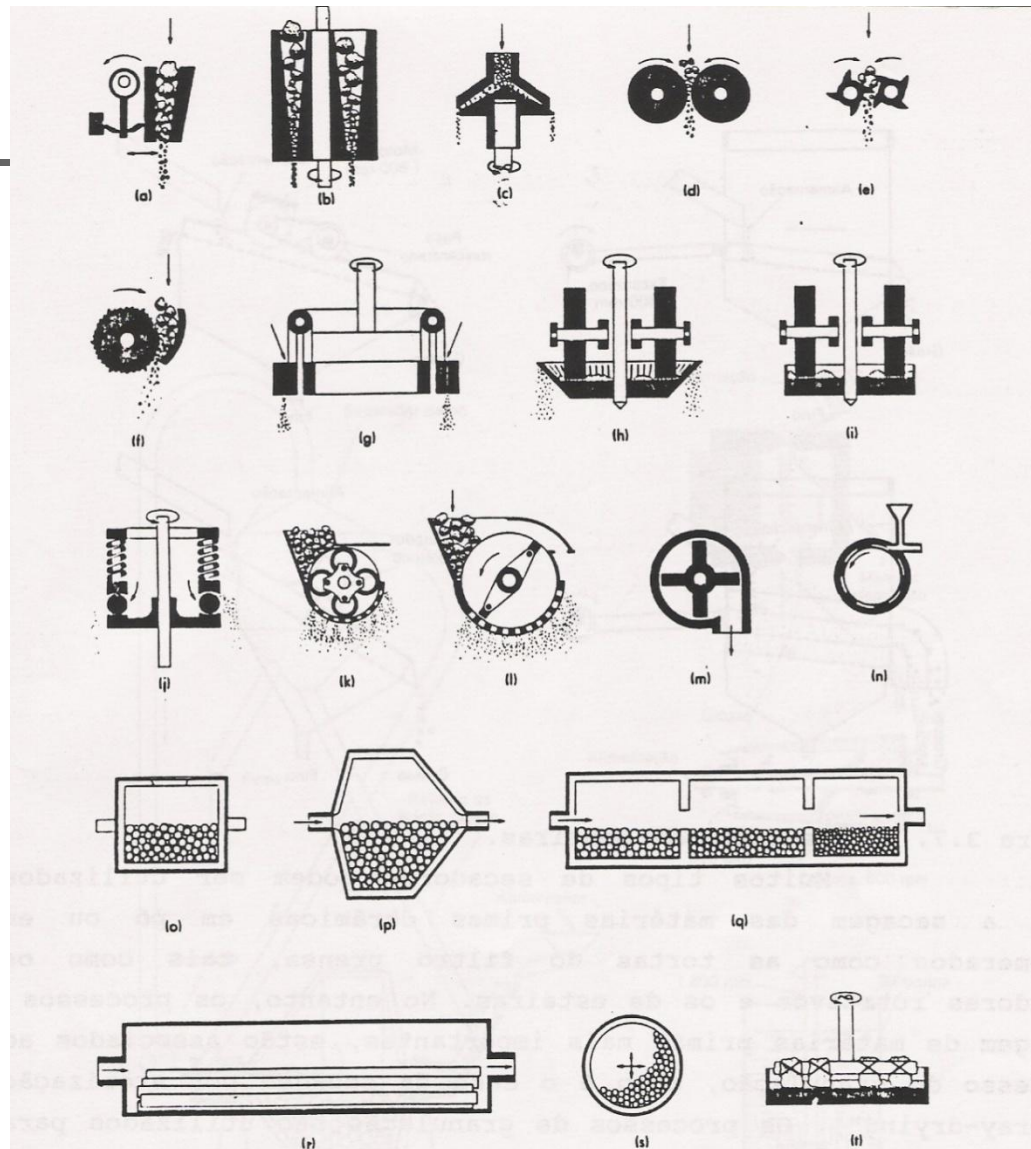


2. Moagem

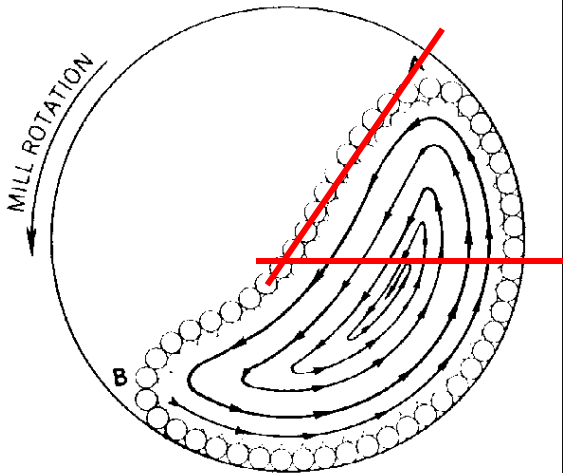
Objetivos da Moagem

- Reduzir de tamanho de partícula
 - Reduzir da porosidade das partículas
 - Dispersar aglomerados e agregados
 - Reduzir o tamanho de partícula máximo
 - Aumentar a concentração de partículas coloidais
 - Modificar o formato das partículas
 - Misturar diferentes componentes

Cominuição ou moagem



Moinho de Bolas



$$\theta = 50 - 60^\circ$$

A moagem ocorre devido ao "efeito cascata"

Velocidade Angular Crítica:

$$\omega_{cr} = 0,5 \cdot R^{-1/2}$$

Condição ideal:

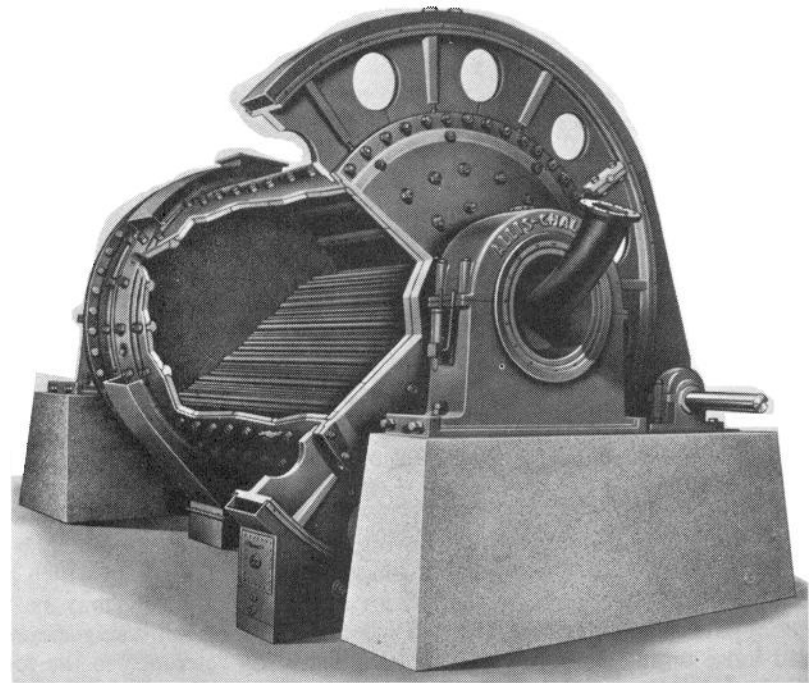
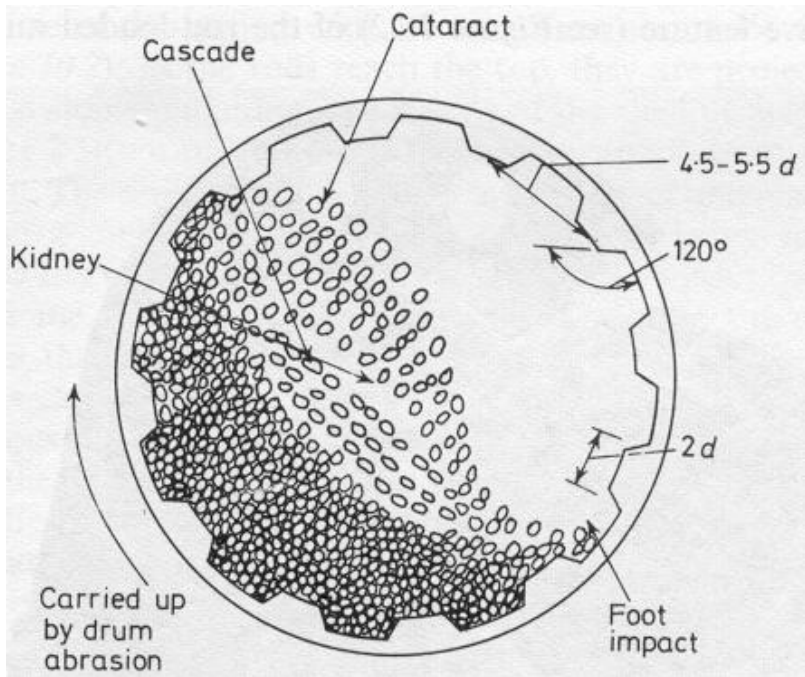
$$\omega = (0,65 - 0,85) \cdot \omega_{cr}$$

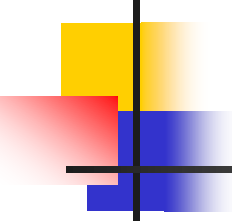


Condições de Carregamento (moinho de bolas)

- ✓ O meio de moagem ocupa cerca de **50% do volume do moinho**
- ✓ O volume de suspensão deve ser pouco maior do que os espaços vazios entre os elementos do meio de moagem
- ✓ Outras variáveis importantes:
 - ◆ Viscosidade da suspensão (500 - 2000 mPa s)
 - ◆ Tamanho e geometria do meio de moagem
 - ◆ Resistência ao desgaste do meio de moagem e do revestimento do moinho

Moinhos de bolas e de rolos

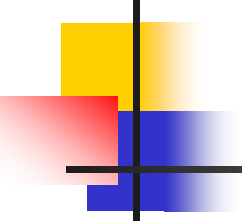




- Como selecionar o equipamento de moagem?

- Tamanho do alimentador
- Tamanho de partículas final desejado
- Composição do produto
- Taxa de produção desejada

Desempenho da moagem



$$\frac{\text{Partículas geradas}}{\text{Tempo}} = \frac{\text{Colisões dos meios}}{\text{Tempo}} \cdot \frac{\text{Impacto sobre partículas}}{\text{Colisão}} \cdot \frac{\text{Partículas geradas}}{\text{Impacto}}$$

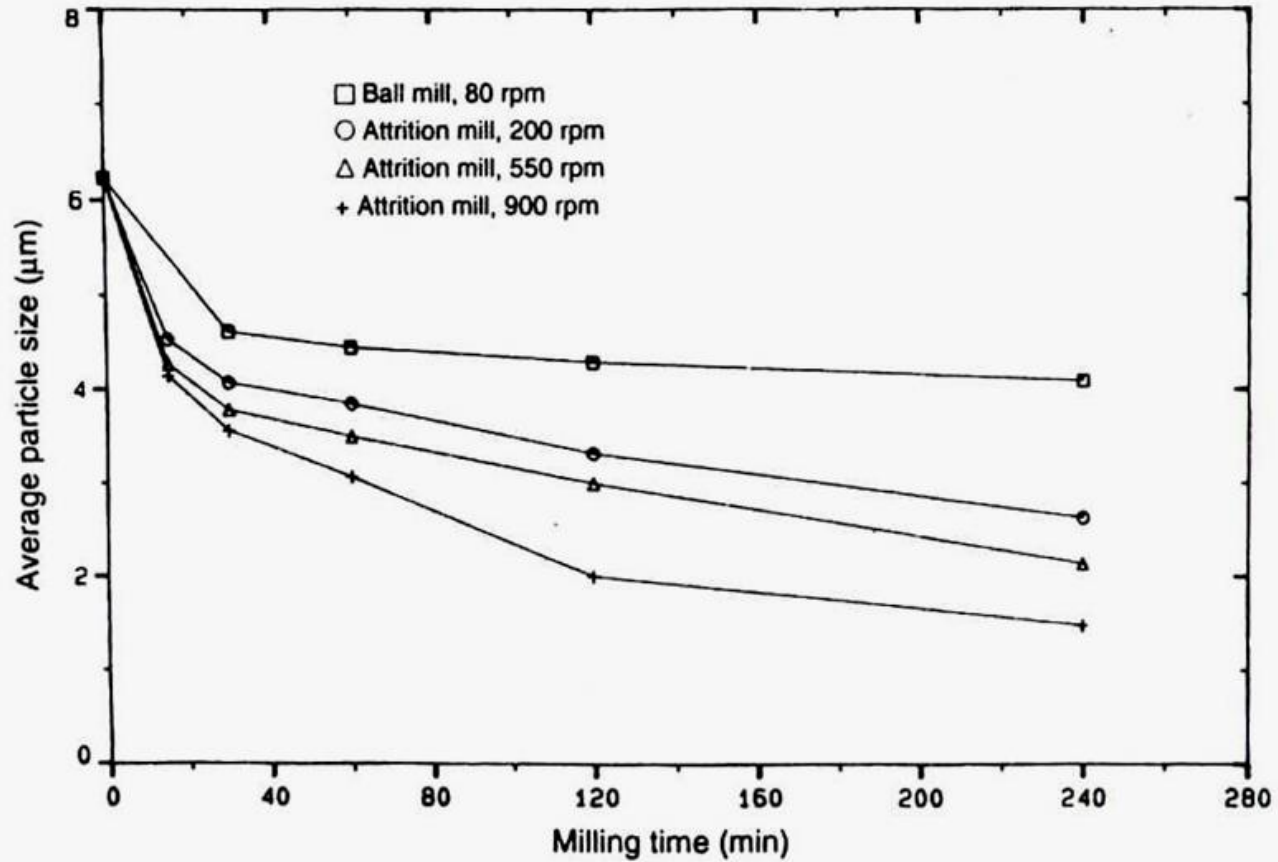
Diagram illustrating the performance of grinding, showing the relationship between generated particles, collisions, and impact efficiency.

The equation is broken down into four components, each indicated by a red bracket:

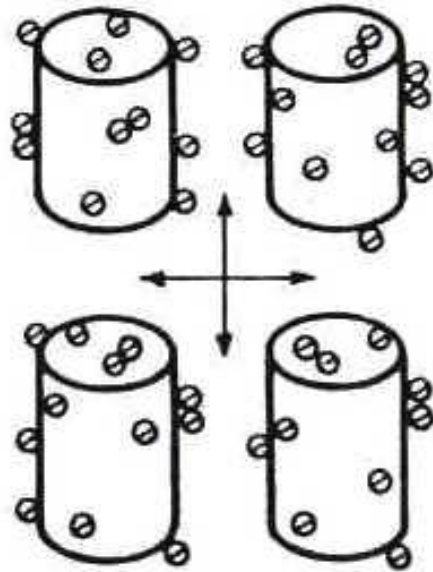
- Partículas geradas / Tempo**: Efficiency da Moagem
- Colisões dos meios / Tempo**: Frequência de colisões
- Impacto sobre partículas / Colisão**: Área de Impacto
- Partículas geradas / Impacto**: Eficiência do Impacto

The components are multiplied together to equal the overall grinding efficiency.

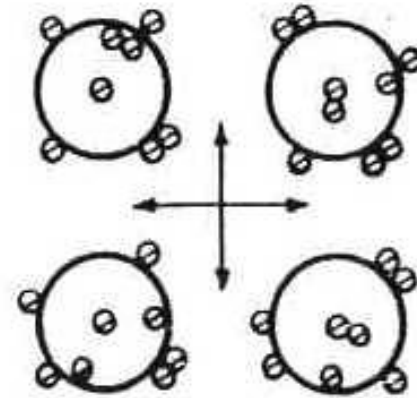
Frequência das Colisões



Área de Impacto



Cylinders



Spheres

- ◆ Área do cilindro > Área da esfera
- ◆ Maior no. de partículas é atingido em cada impacto

Eficiência do Impacto



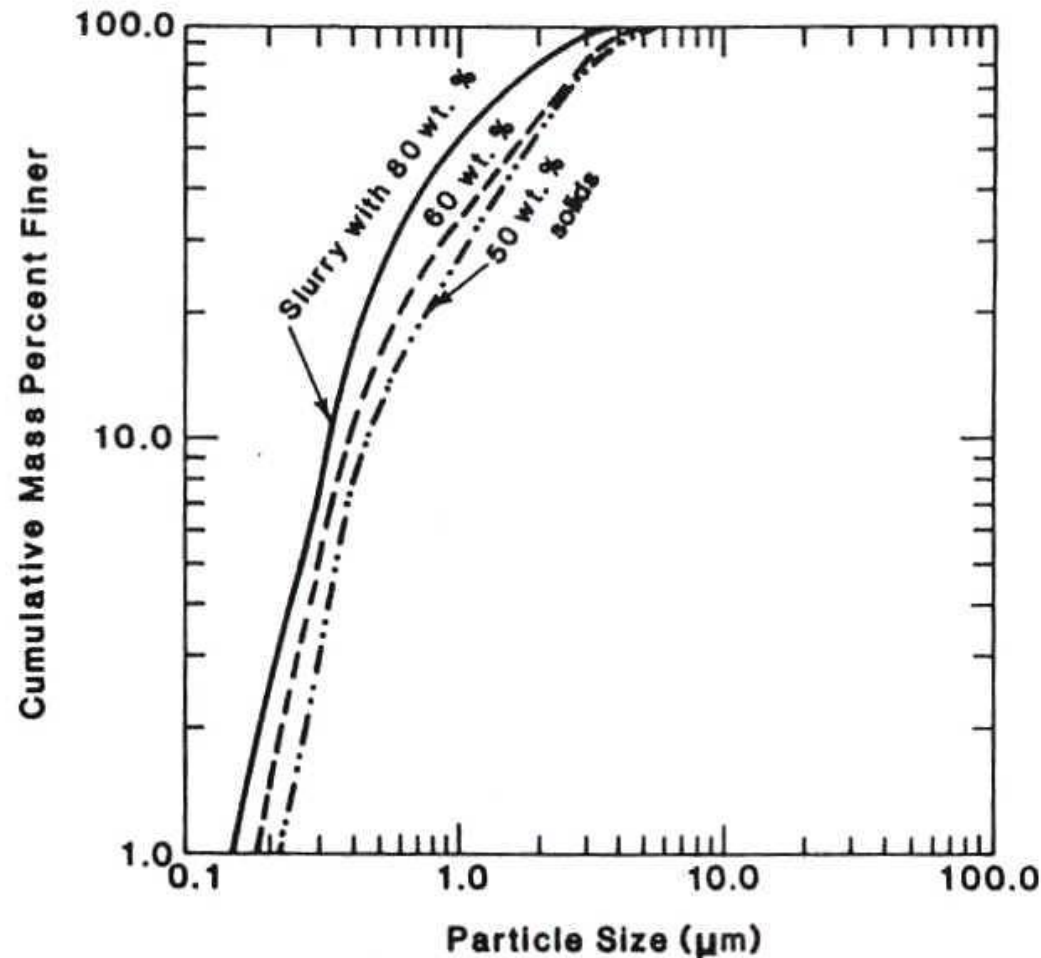
Probabilidade de fratura é alta quando:

- ◆ a energia do impacto é elevada
- ◆ a resistência mecânica da partícula é baixa

A eficiência de moagem diminui:

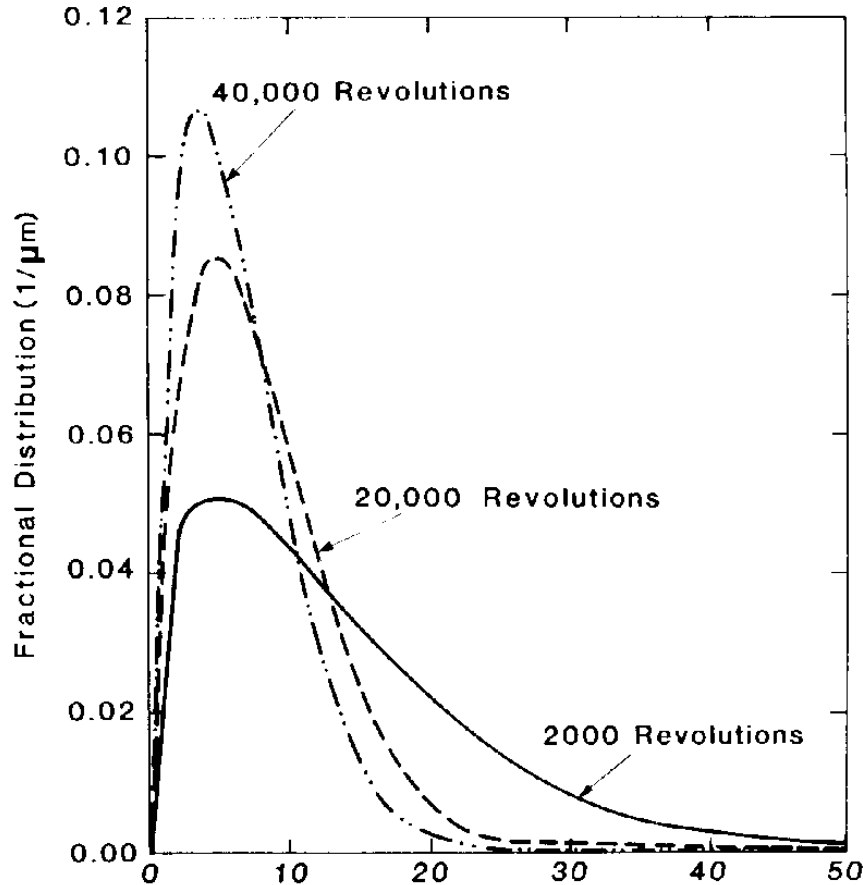
- ◆ à medida que o tamanho de partícula diminui
- ◆ se a suspensão estiver floculada (viscosidade muito alta)
- ◆ se o teor de sólidos for muito baixo (viscosidade muito baixa), permitindo que as partículas “escapem” da zona de colisão.

Influência da concentração de sólidos em uma suspensão defloculada de alumina



Variação de tamanho de partículas em função do tempo

[Reed, 1995:329]

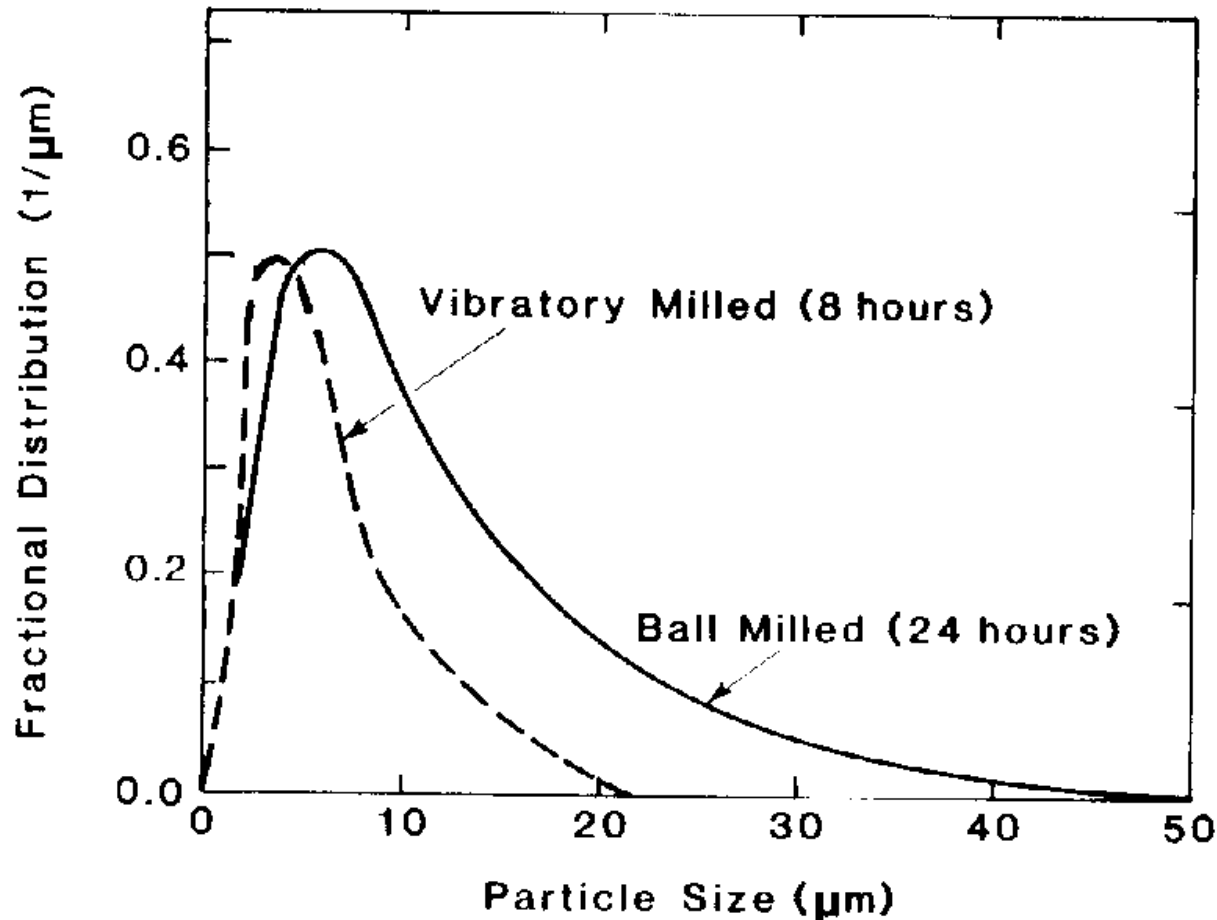


(Al₂O₃) calcinada

Tamanho inicial: 200 mesh

Variação de tamanho de partículas em função do moinho

[Reed, 1995:330]





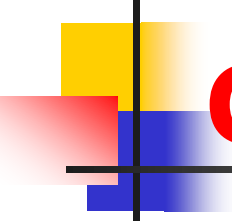
Coesividade/adhesividade

- Materiais pequenos e úmidos são mais difíceis de se quebrar
- Deve-se secar o material antes da moagem ou fazer a moagem a úmido
- Para teores médios de umidade, há poucas chances de se obter sucesso na moagem (ou cominuição)

Seleção do equipamento

Considerações a respeito do material a ser moído (3):

- Pontos de fusão e de escoamento
- Uma grande parte da energia adicionado é convertida em calor e pode provocar a fusão ou transformações de fase do material
- Dureza do material a ser moído
- Flamabilidade do material



3. Processos de separação

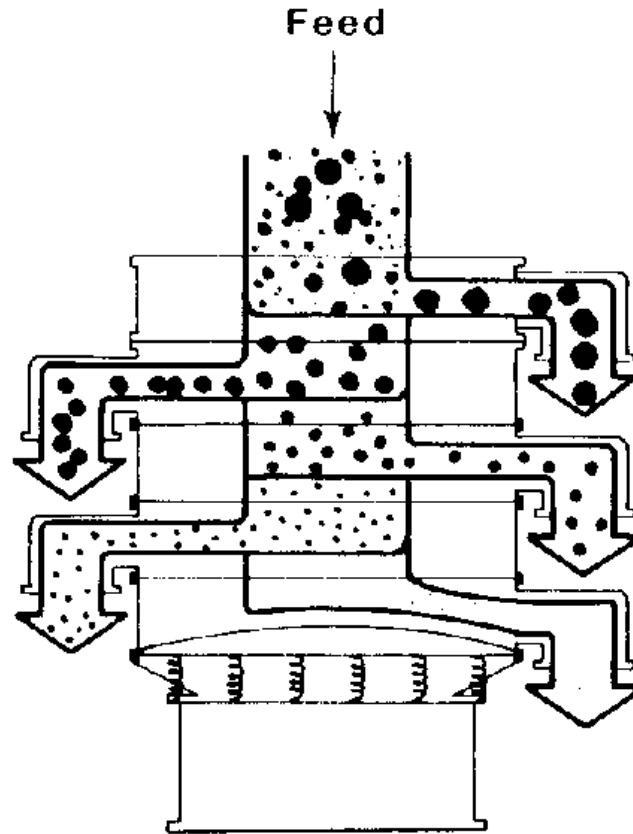
Classificação granulométrica

- **Peneiramento**

As peneiras são classificadas de acordo com o tamanho das aberturas, pelo número de malhas por polegada linear e pelo diâmetro dos arames ou fios com que são feitas, definidas por normas técnicas.

Peneiras

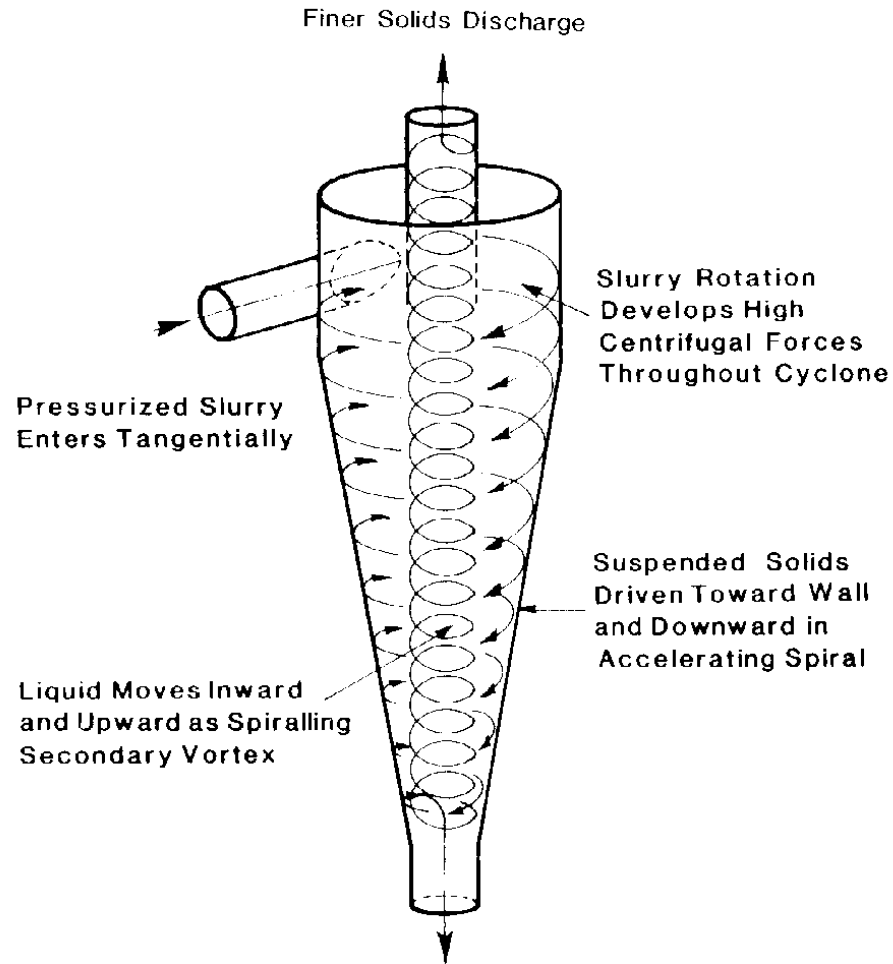
[Reed, 1995:363]



Vibratory Sieving

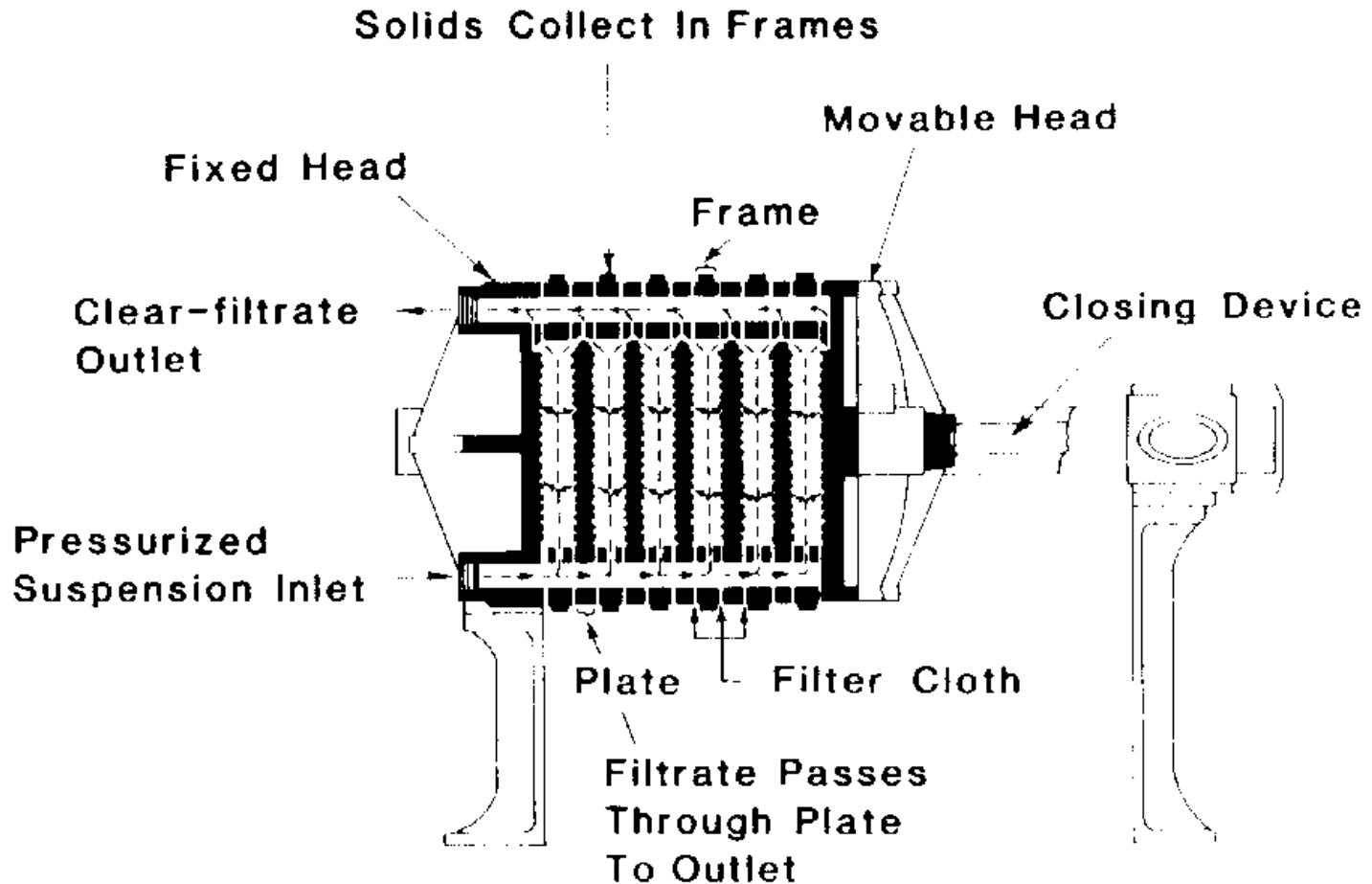
Hidrociclone

[Reed, 1995:364]



Filtro-prensa

[Reed, 1995:367]



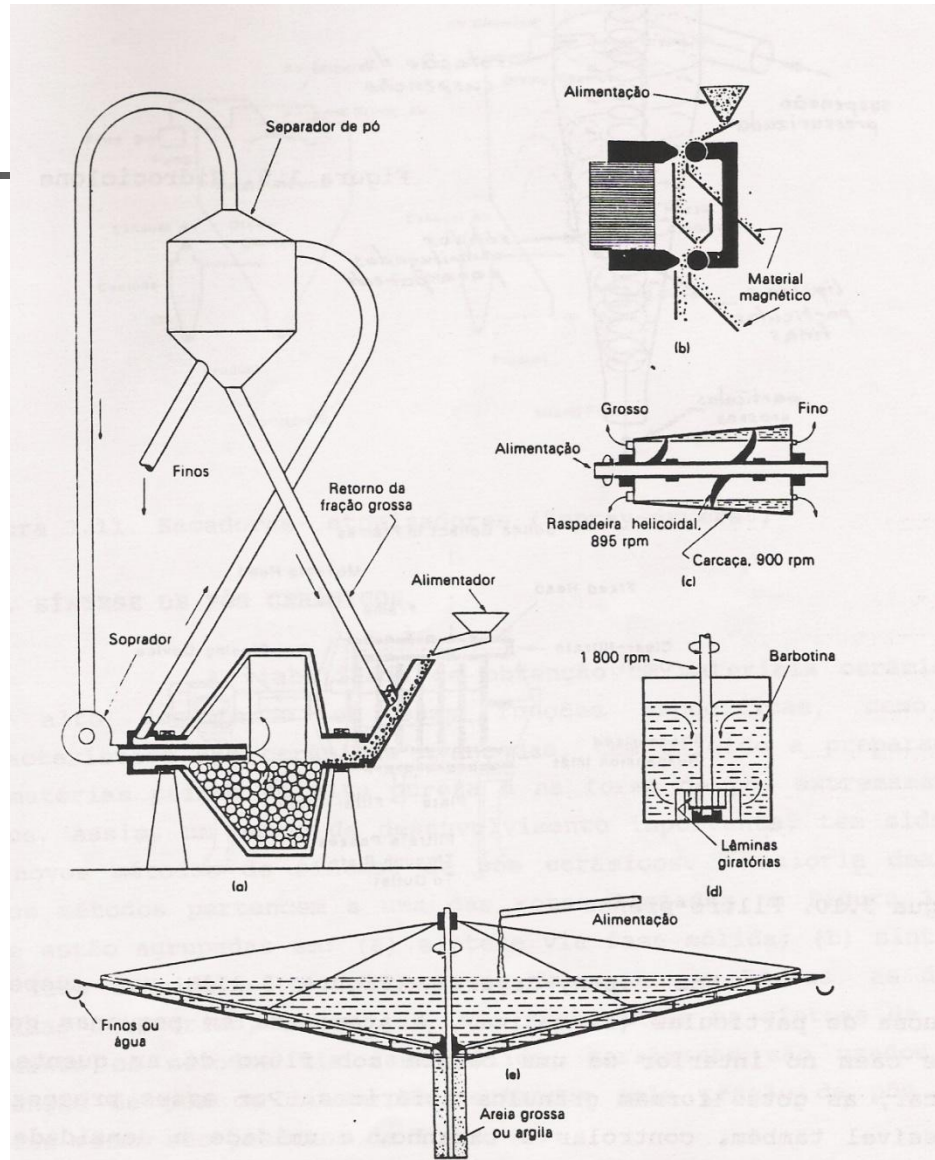
■ Classificação por sedimentação

Baseia-se na relação entre o diâmetro de partículas e a velocidade de sedimentação de um pó em um determinado fluido (lei de Stokes).

$$V = d^2 (\rho_p - \rho_l)g / 18\eta,$$

Onde v é a velocidade de sedimentação, d é o diâmetro esférico equivalente, ρ_p é a densidade do pó, ρ_l é a densidade do fluido e η é a viscosidade do fluido.

Equipamentos





. Filtração

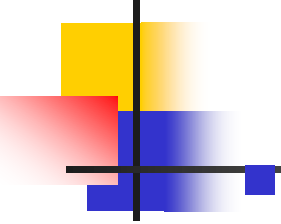
A filtração é um equipamento bastante utilizado para separação de partículas do líquido de suspensão, principalmente por ser mais barato, exigindo menor consumo de energia do que métodos de evaporação

Filtro-prensa

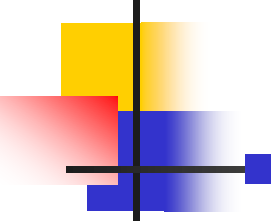


Grupo GAMESA, S.A. de C.V. Celaya Gto.

4. Secagem

- 
- Retirada de água e líquidos de matérias-primas em pó ou em aglomerados como as tortas do filtro-prensa.
 - Na maioria dos casos, a etapa de secagem está associada ao processo de granulação, caso da secagem por atomização (*spray-drying*).

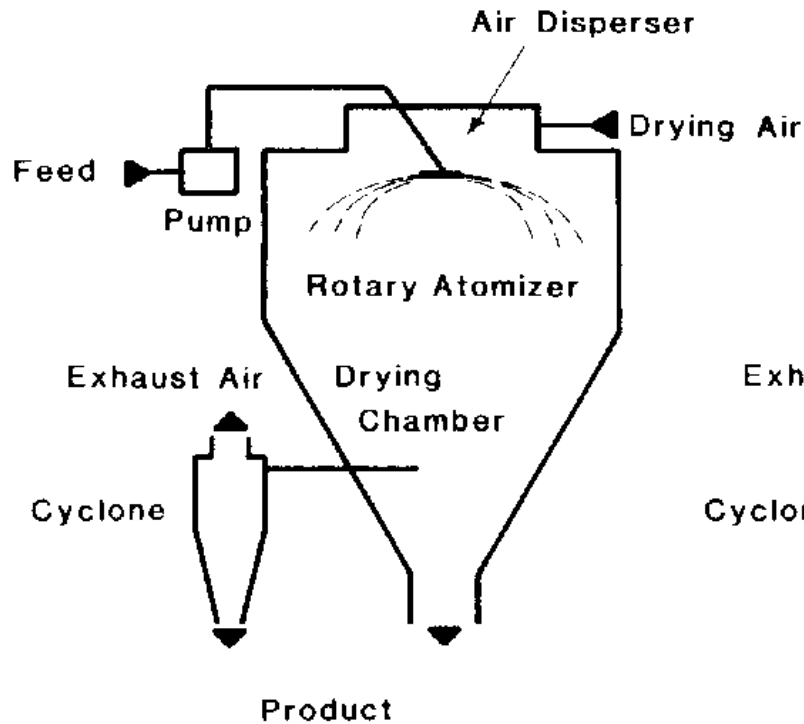
Spray-drier



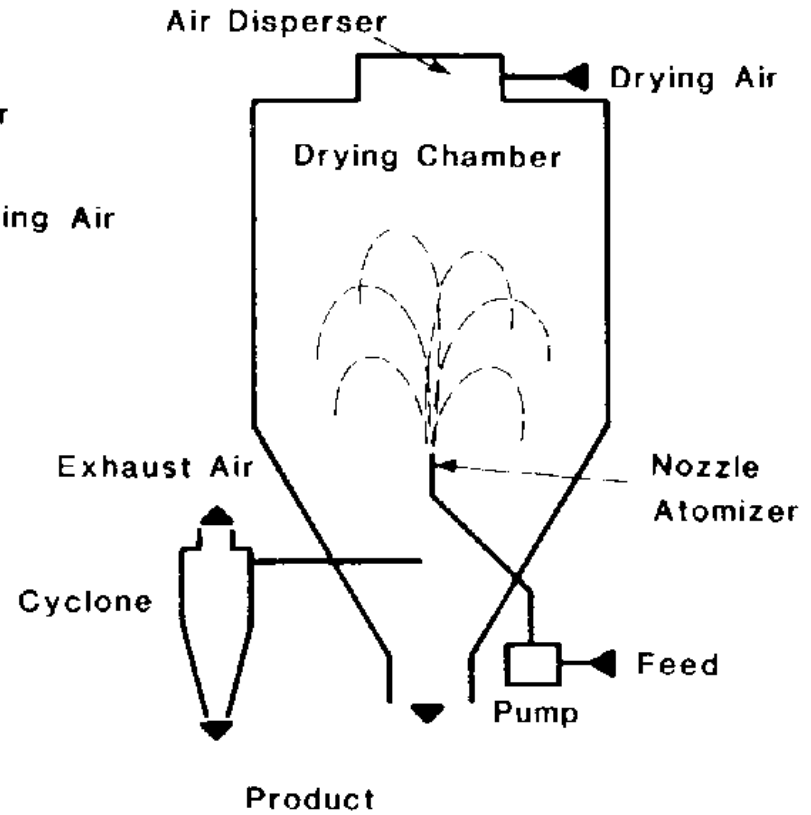
- Uma suspensão aquosa de partículas (barbotina), é atomizada em pequenas gotas que caem no interior de uma câmara sob fluxo de ar quente. Ao secar, as gotas formam grânulos esféricos. Nesse processo, é possível controlar o tamanho, umidade e densidade dos grânulos e ainda, adicionar quantidades controladas de ligantes e lubrificante

Atomizadores

[Reed, 1995:382]



Co-current



Mixed Flow