



# Classificação

## 2. Peneiramento

Prof. Dr. André Carlos Silva

# O que é Engenharia de Minas?

- A Engenharia de Minas é o ramo da engenharia que cuida da **pesquisa** e da **extração** dos minérios da crosta terrestre e da **separação** de matérias-primas minerais úteis daquelas sem aproveitamento.

## O que é Engenharia de Minas?

- Assim sendo, é de responsabilidade do engenheiro de minas **localizar** um depósito mineral, **caracterizá-lo**, **lavra-lo** e, caso seja necessário, **processar** o bem mineral para que este se torne economicamente viável ou mesmo adequado a processos subsequentes.

# O que é mineração?



Classificação - 2. Peneiramento

# Tratamento de minérios

- O tratamento de minérios pode ser conceituado basicamente como sendo a ciência que **transforma minérios** em **matérias primas** para suprir os mais diversos ramos industriais.
- Na realidade, compreende um universo amplo e multidisciplinar, envolvendo diversos campos da engenharia e da ciência propriamente dita.

# Tratamento de minérios

- Também conhecido por beneficiamento mineral ou processamento mineral.
- Atualmente o termo mais empregado é tratamento de minérios, mas o termo tido como mais atual é **processamento mineral**.

# Tratamento de minérios

- Utiliza essencialmente de processos físicos, químicos e/ou físico-químicos, sem alterar a estrutura química dos minerais presentes.
- Os materiais assim obtidos são usualmente denominados **concentrados**.

# Classificação

- A classificação (ou classificação granulométrica), de uma forma geral, consiste na separação de partículas com base nas dimensões físicas das mesmas (**tamanho** ou **massa**).
- Os processos de classificação são divididos em **peneiramento** e **classificação propriamente dita**.

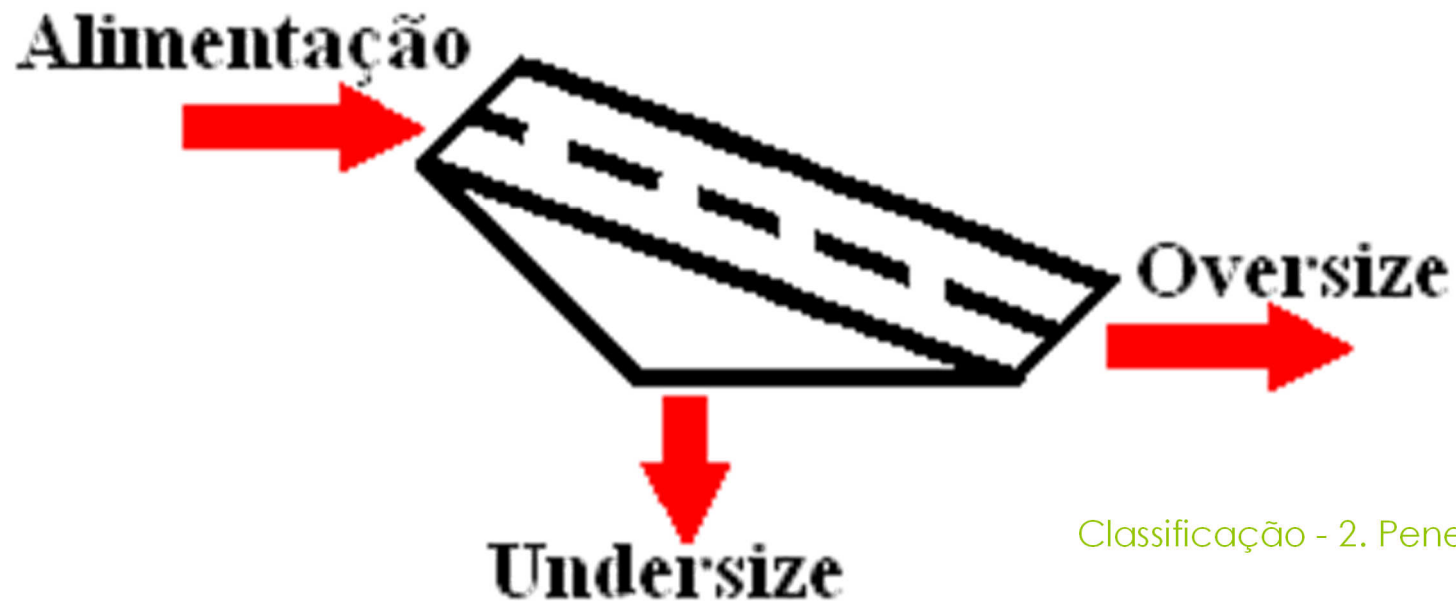


# Peneiramento

- Entende-se por peneiramento, a separação de um material em duas ou mais classes granulométricas, estando estas limitadas por uma **superior** e outra **inferiormemente**.

# Peneiramento

- O material retido na tela da peneira é denominado **oversize** e o passante, **undersize**.



Classificação - 2. Peneiramento

# Peneiramento

- O peneiramento pode ser realizado a **seco** ou a **úmido**.
- Neste último adiciona-se água ao material a ser peneirado com o propósito de facilitar a passagem dos finos através da tela de peneiramento, aumentando a eficiência do peneiramento.

# Peneiramento



Classificação - 2. Peneiramento







# Peneiramento

- Os peneiramentos industriais a seco são realizados, normalmente, em frações granulométricas de até 6 mm.
- Entretanto, é possível peneirar a seco com eficiência **razoável** em frações de até 1,7 mm.



# Peneiramento

- A úmido, o peneiramento industrial é normalmente aplicado para até 0,4 mm.
- Recentemente tem sido possível peneirar partículas mais finas, da ordem de 50  $\mu\text{m}$  utilizando-se para tal peneiras especiais.



# Eficiência de peneiramento

- A palavra eficiência é empregada para expressar a avaliação do desempenho da operação de peneiramento em relação a separação granulométrica ideal desejada.

# Eficiência de peneiramento

- Ou seja, a eficiência de peneiramento é definida como a **relação entre a quantidade de partículas mais finas que a abertura da tela de peneiramento e que passam por ela e a quantidade destas presente na alimentação.**

# Eficiência de peneiramento

$$E = \frac{P}{aA} . 100\%$$

- Onde:
  - **E** = eficiência;
  - **P** = passante (t/h);
  - **A** = alimentação (t/h);
  - **a** = percentagem de material menor que a malha da alimentação.

# Eficiência de peneiramento

- Industrialmente, a eficiência de peneiramento situa-se entre **80 e 90%**, atingindo em alguns casos 95%.
- As partículas com diâmetros ( $d$ ) superiores a 1,5 a abertura da tela ( $a_{tela}$ ) não influenciam no resultado do peneiramento, bem como àquelas inferiores à 0,5 da abertura da tela.

# Eficiência de peneiramento

- $0,5 a_{\text{tela}} < d < a_{\text{tela}}$  → em termos probabilísticos têm menor chance de passar que as demais partículas menores que a malha;
- $a_{\text{tela}} < d < 1,5 a_{\text{tela}}$  → embora não passantes, são as que mais entopem as telas das peneiras.



# Tipos de peneiras

- ◉ **Grelhas**

- ◉ Constituídas por barras metálicas dispostas paralelamente, mantendo um espaçamento regular entre si;

- ◉ **Crivos**

- ◉ Formados por chapas metálicas planas ou curvas, perfuradas por um sistema de furos de várias formas e dimensão determinada;

# Tipos de peneiras

- **Telas**

- Constituídas por fios metálicos trançados geralmente em duas direções ortogonais, de forma a deixarem entre si "malhas" ou "aberturas" de dimensões determinadas, podendo estas serem quadradas ou retangulares.

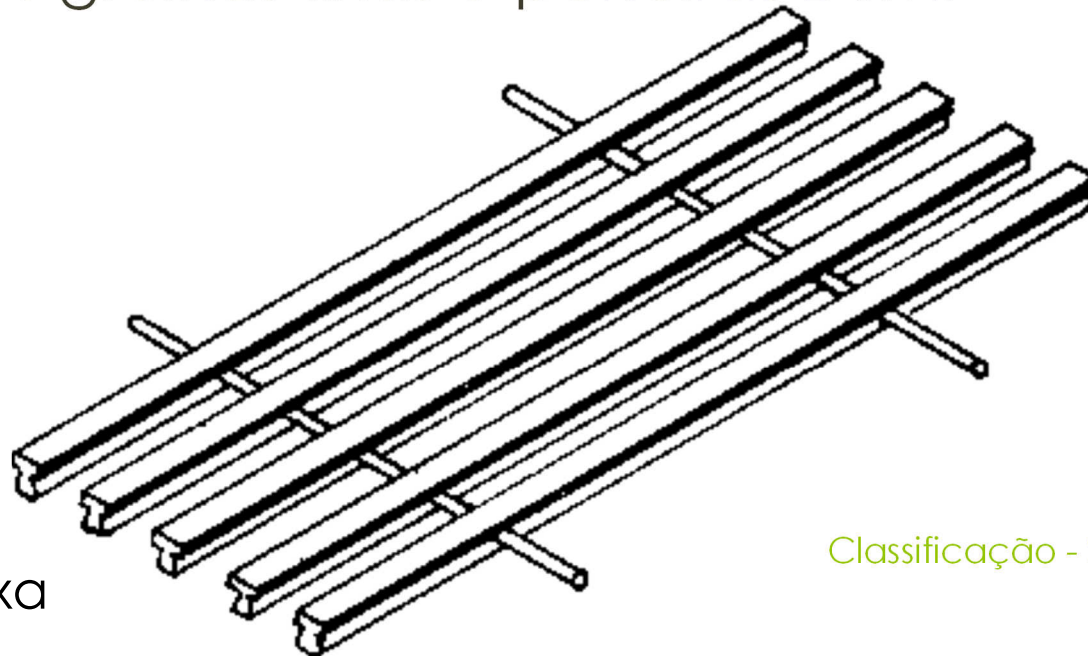


# Tipos de peneiras

- As peneiras podem ser classificadas de acordo com o seu movimento, em duas categorias: fixas (**estáticas**) ou móveis (**dinâmicas**).

# Tipos de peneiras

- **Fixas** - a única força atuante é a força da gravidade e por isso esses equipamentos possuem superfície inclinada. Como exemplo temos grelhas fixas e peneiras DSM.



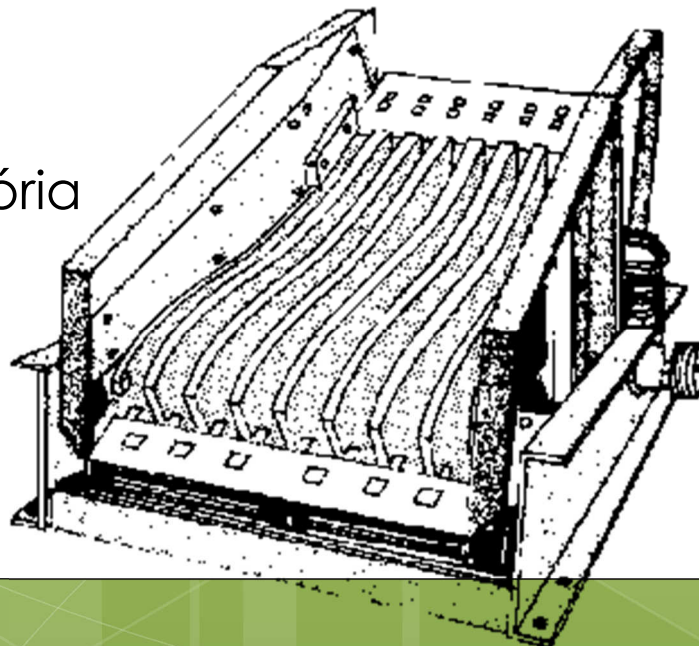
Grelha fixa

Classificação - 2. Peneiramento

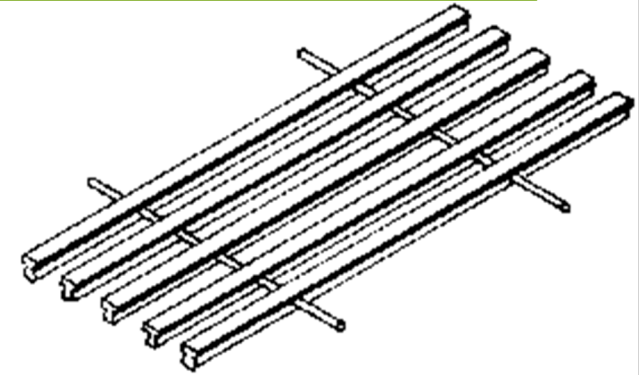
# Tipos de peneiras

- **Móveis** – nestes equipamentos existe uma força externa atuante no movimento das partículas. Exemplos são: grelhas rotativas, peneiras rotativas, peneiras reciprocativas e peneiras vibratórias.

Grelha vibratória



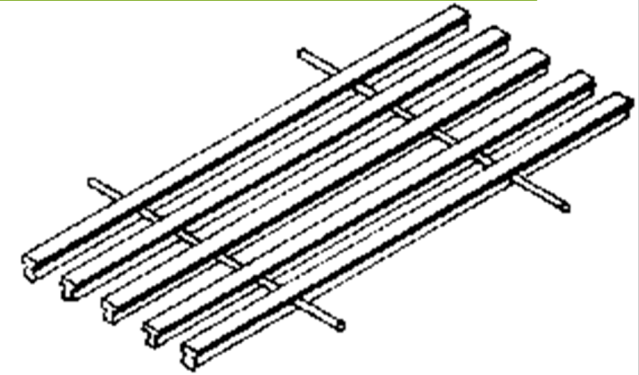
Classificação - 2. Peneiramento



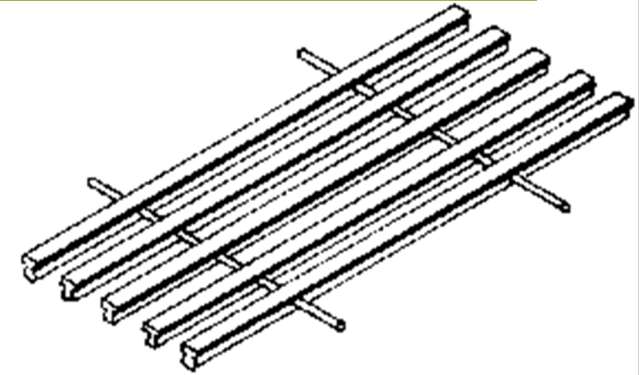
## Grelha fixa

- São equipamentos em que a superfície de peneiramento é formada por um conjunto de barras dispostas paralelamente, e inclinada na direção do fluxo, da ordem de 35° a 45°.
- São equipamentos robustos, empregados basicamente em circuitos de britagem para separação de blocos a seco.

# Grelha fixa



- Sua eficiência é **normalmente baixa** (60%) porque, não havendo vibração do material sobre a superfície, não há estratificação ou segregação (que facilitam a separação).
- Tem a tendência a entupir por blocos de forma irregular (em cunha) que se fixam entre as barras. A capacidade por área de peneiramento é pequena.



## Grelha fixa

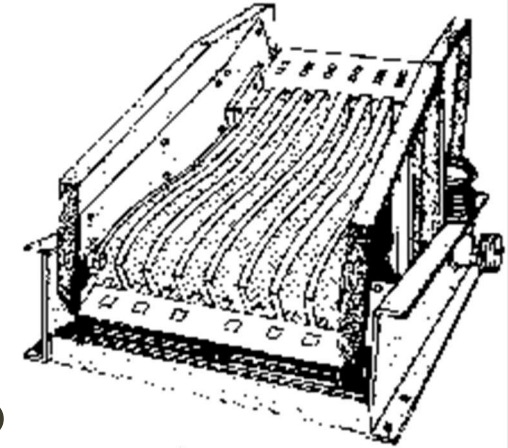
- Um valor aproximado para a capacidade das grades é de 100 a 150 t de material por pé quadrado de área em 24 h, quando as barras estão distantes entre si de 2,54 cm.
- São empregadas basicamente em circuitos de britagem para separação de blocos de 7,5 a 0,2 cm, em geral.

**1 pé = 0,30480 m**

Classificação - 2. Peneiramento



# Grelha vibratória



- São equipamentos de peneiramento semelhantes à grelha fixa, mas cuja superfície está sujeita a vibração, por meio de mecanismo apropriado.
- São utilizadas frequentemente em operações de britagem, para separação intermediária, antes de operações de rebitagem.
- Usadas em separações entre 50,8 e 152,4 mm (2 a 6").

# Grelha vibratória



ento



# Grelha vibratória



Classificação - 2. Peneiramento

# Crivo

- ◉ Semelhante à grelha fixa, diferindo-se apenas na adoção de uma chapa perfurada no lugar das barras paralelas.
- ◉ Também chamado de peneira escarpadora, por ser utilizado no escalpe de britadores.



ento



Peneiramento



# Peneira Rotativa - Trommel

- São peneiras que possuem a superfície de peneiramento de forma cilíndrica ou ligeiramente cônica, e se movimentam por rotação em torno de eixo longitudinal.
- As peneiras rotativas têm o eixo inclinado ( $4$  a  $10^\circ$ ) e variam de  $4$  a  $10$  m de comprimento.

# Peneira Rotativa - Trommel



# Peneira Rotativa - Trommel

- Podem ser operadas a úmido ou a seco.
- A velocidade de rotação situa-se entre 35 a 40% da velocidade crítica (velocidade mínima para a qual a força centrífuga mantém as partículas coladas na superfície cilíndrica). A rotação típica é da ordem de 15 rpm.

# Peneira Rotativa - Trommel

- A superfície efetiva utilizada no peneiramento está em torno de 30% da área total.
- Têm sido substituídas por peneiras vibratórias, que têm maior capacidade e eficiência.
- Ainda são utilizadas na descarga de moinho de bolas para a recuperação das mesmas.



# Peneira Rotativa - Trommel

- As principais vantagens dos trommels são sua **simplicidade** de construção e de **operação**, seu baixo custo de aquisição e durabilidade.
- Possuem aplicação em classificação e lavagem de cascalhos e areias, em lavra de aluviões e em mineração de ouro, diamante e cassiterita.

# Peneira Rotativa - Trommel



# Peneira vibratória

- Princípio de funcionamento mais utilizado na classificação de materiais, em virtude de sua simplicidade e versatilidade.
- Este princípio consiste na utilização de um eixo desbalanceado e dois mancais, gerando um movimento circular no equipamento, que está apoiado livremente em molas helicoidais.

# Peneira vibratória

- O movimento vibratório é caracterizado por impulsos rápidos, normais à superfície, de pequena amplitude (1,5 a 25 mm) e de “*alta frequência*” (600 a 3.600 movimentos por minuto), sendo produzidos por mecanismos mecânicos ou elétricos.

# Peneira vibratória

- São as de uso mais frequente em mineração, sendo muito empregadas nos circuitos de britagem e de preparação de minério para os processos de concentração.
- A sua capacidade varia entre 50 a 200 t/m<sup>2</sup>/mm de abertura/24 h

# Peneira vibratória

- As peneiras vibratórias podem ser divididas em duas categorias:
  - Peneiras vibratórias horizontais
  - Peneiras vibratórias inclinadas

## Peneira vibratória horizontal

- Seu sistema de vibração atua numa única direção, sendo o movimento dado num plano paralelo à direção do movimento do fluxo de material, mas inclinado de 15 a 45° com a horizontal.
- A frequência e a amplitude são ajustadas para o transporte do material com uma vazão de 12 a 18 m/minuto.

# Peneira vibratória horizontal



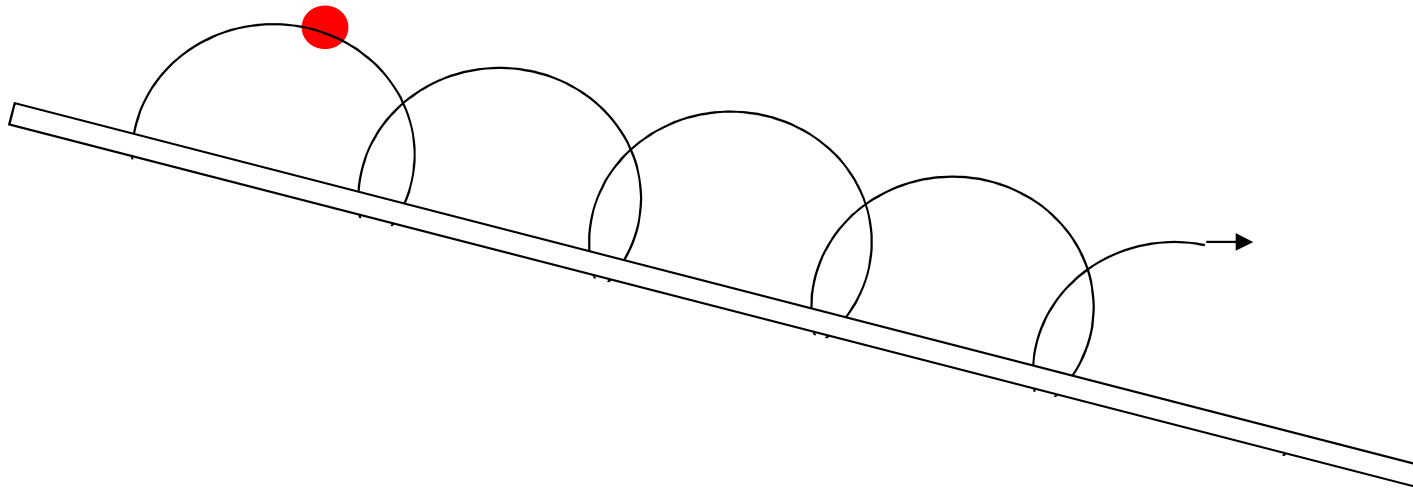
Classificação - 2. Peneiramento



# Peneira vibratória inclinada

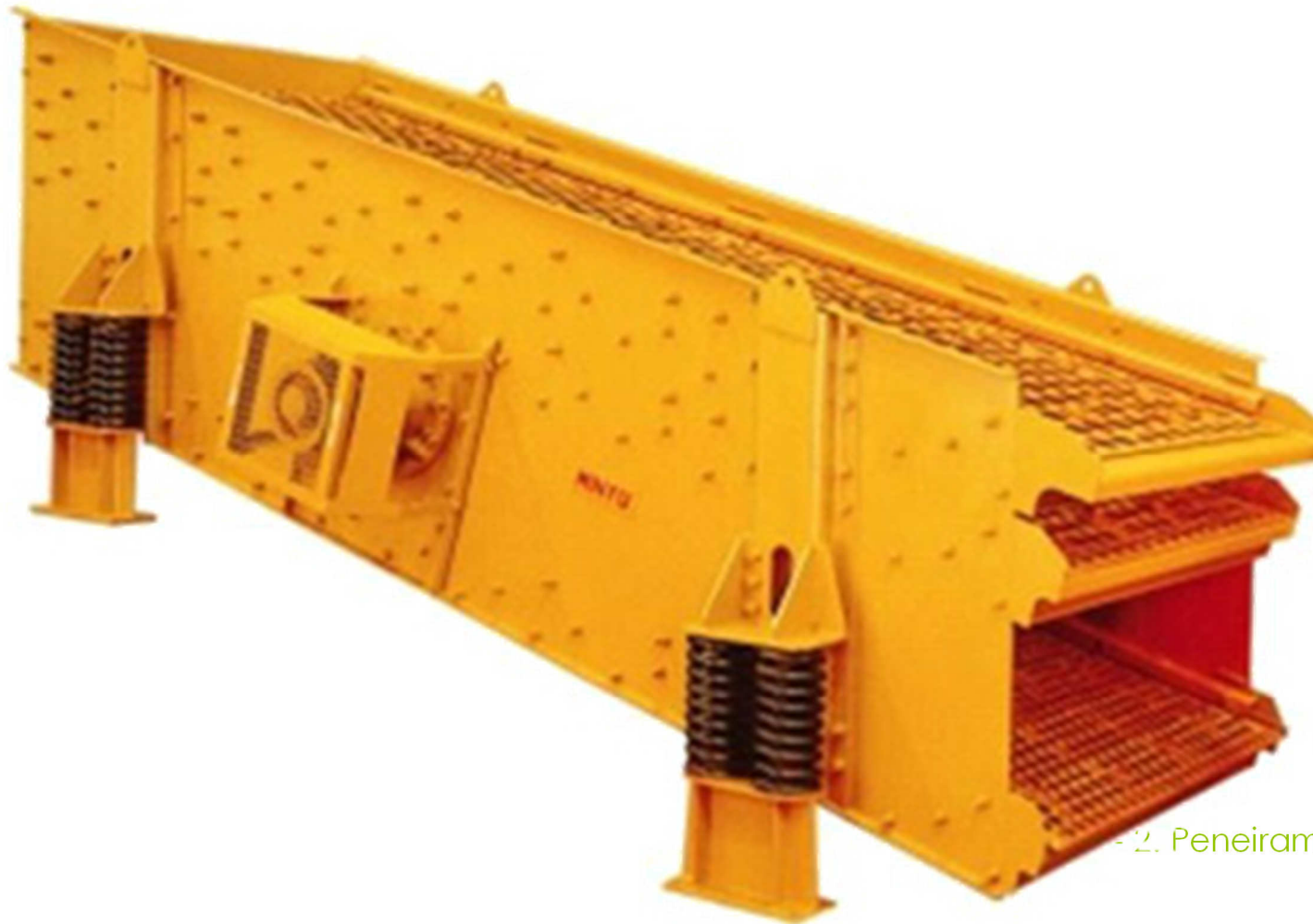
- Com inclinação variando de 15 a 35°, estas peneiras transportam material com uma vazão de 18 a 36 m/min, dependendo da inclinação.
- O movimento de vibração é circular.

# Peneira vibratória inclinada



Classificação - 2. Peneiramento

# Peneira vibratória inclinada



- 2. Peneiramento

# Peneira vibratória inclinada



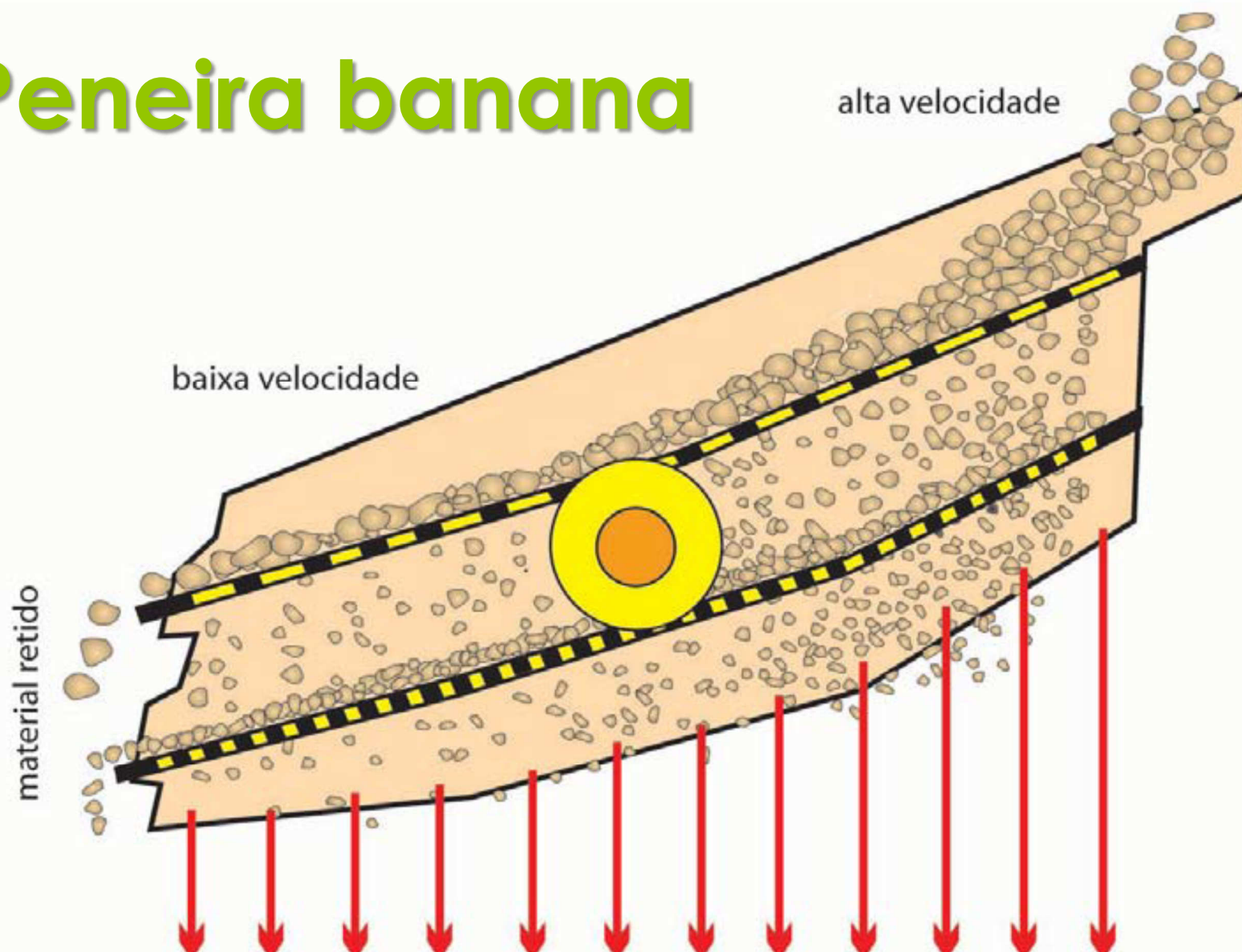
neiramento

# Peneira banana

- Este tipo de peneira possui **múltiplas inclinações internas**.
- A inclinação inicial do deck, de  $26^\circ$  em vez dos tradicionais  $20^\circ$ , permite manusear 40% a mais de material e o declive final de somente  $16^\circ$  confere melhor qualidade de separação.



# Peneira banana



# Peneira banana

- Destinam-se principalmente ao mercado de agregados e às aplicações de separação intermediária e final, em peneiramento a seco ou a úmido.
- O limite do tamanho máximo de material alimentado deve ser inferior a 250 mm ( 10") e a classificação pode ser dentro da faixa de 100 a 3 mm.







mento

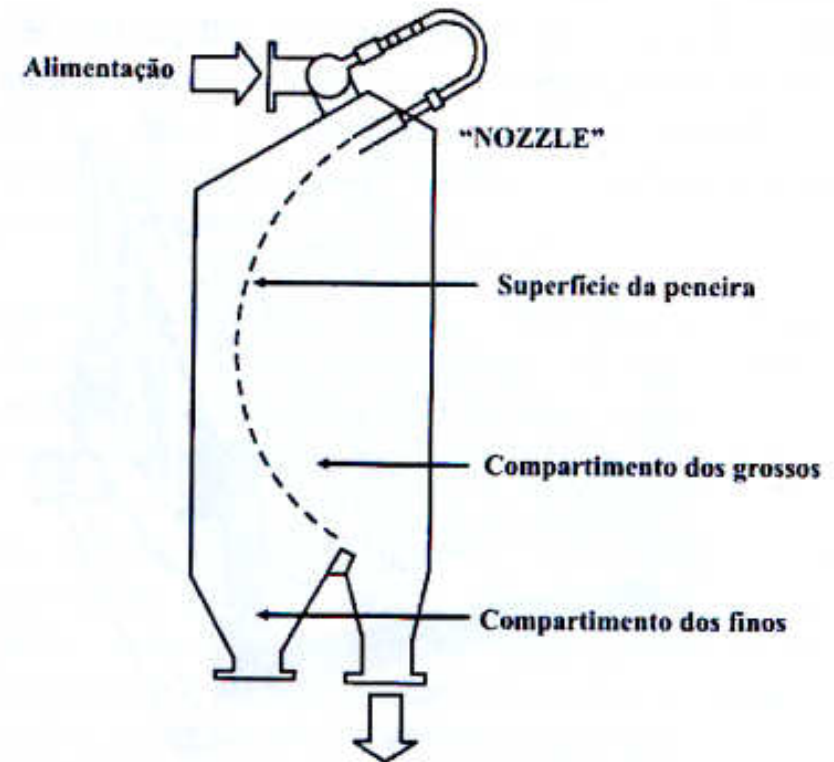
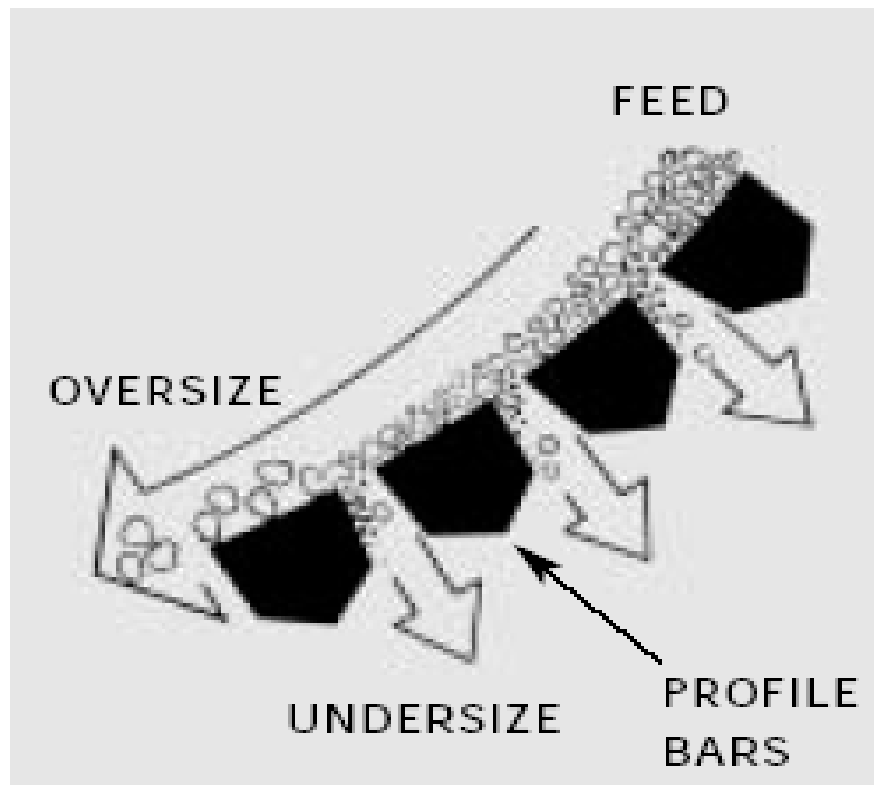
## Peneira DSM – *Dutch State Mines*

- Possui uma base curva formada por fios paralelos entre si, formando um ângulo de  $90^\circ$  com a alimentação.
- A alimentação é feita por bombeamento na parte superior da peneira sendo distribuída ao longo de toda a extensão da peneira.

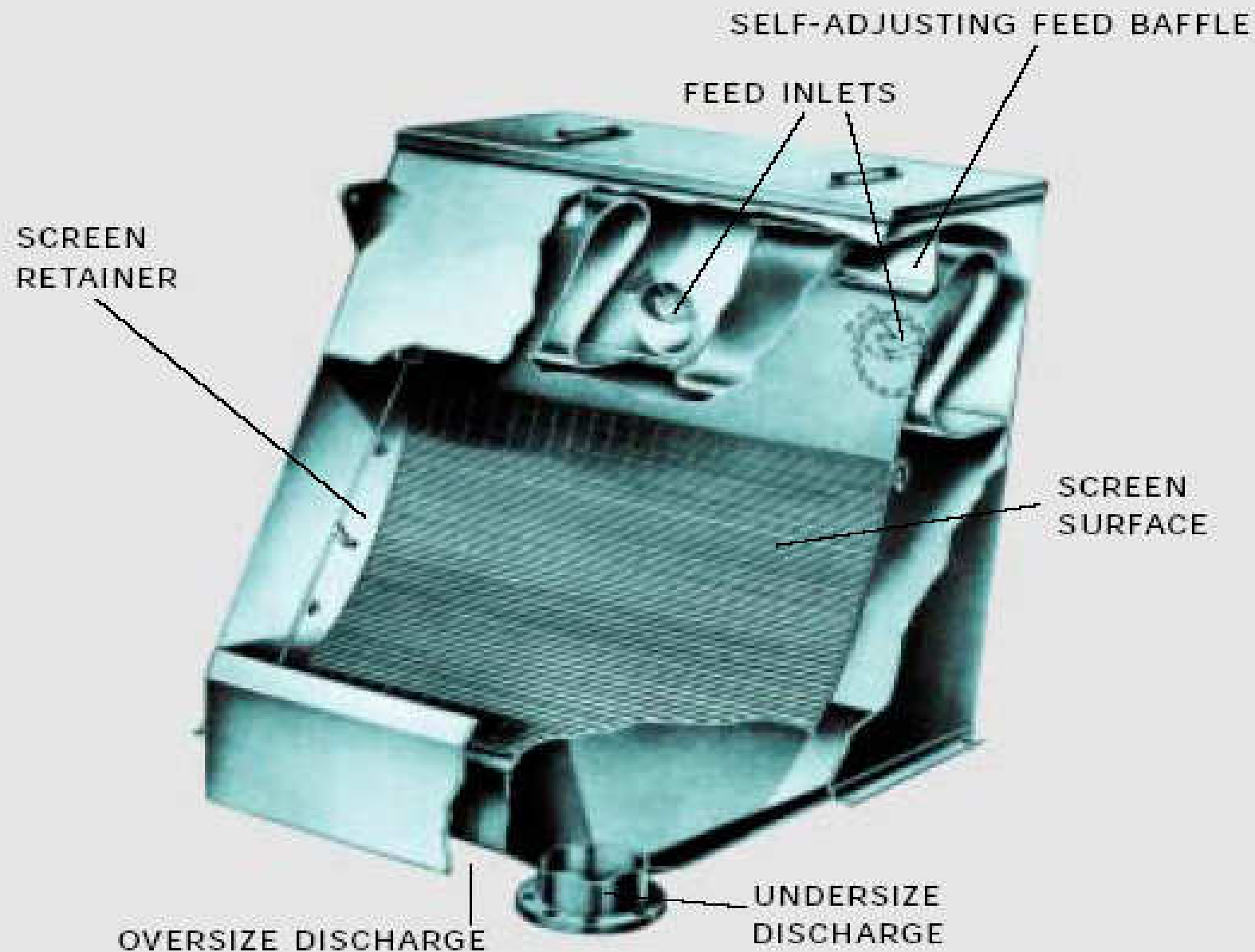
## Peneira DSM – Dutch State Mines

- O **diâmetro de corte** depende da percentagem de sólido da polpa, o que faz com que esse parâmetro tenha que ser bem controlado para que se possa obter um rendimento adequado da peneira.
- Possuem uma elevada capacidade de produção ( $100 \text{ m}^3/\text{h}$  / m de largura de leito / abertura de 1,0 a 1,5 mm).

## Peneira DSM – Dutch State Mines



Classificação - 2. Peneiramento



# Peneira reciprocativa

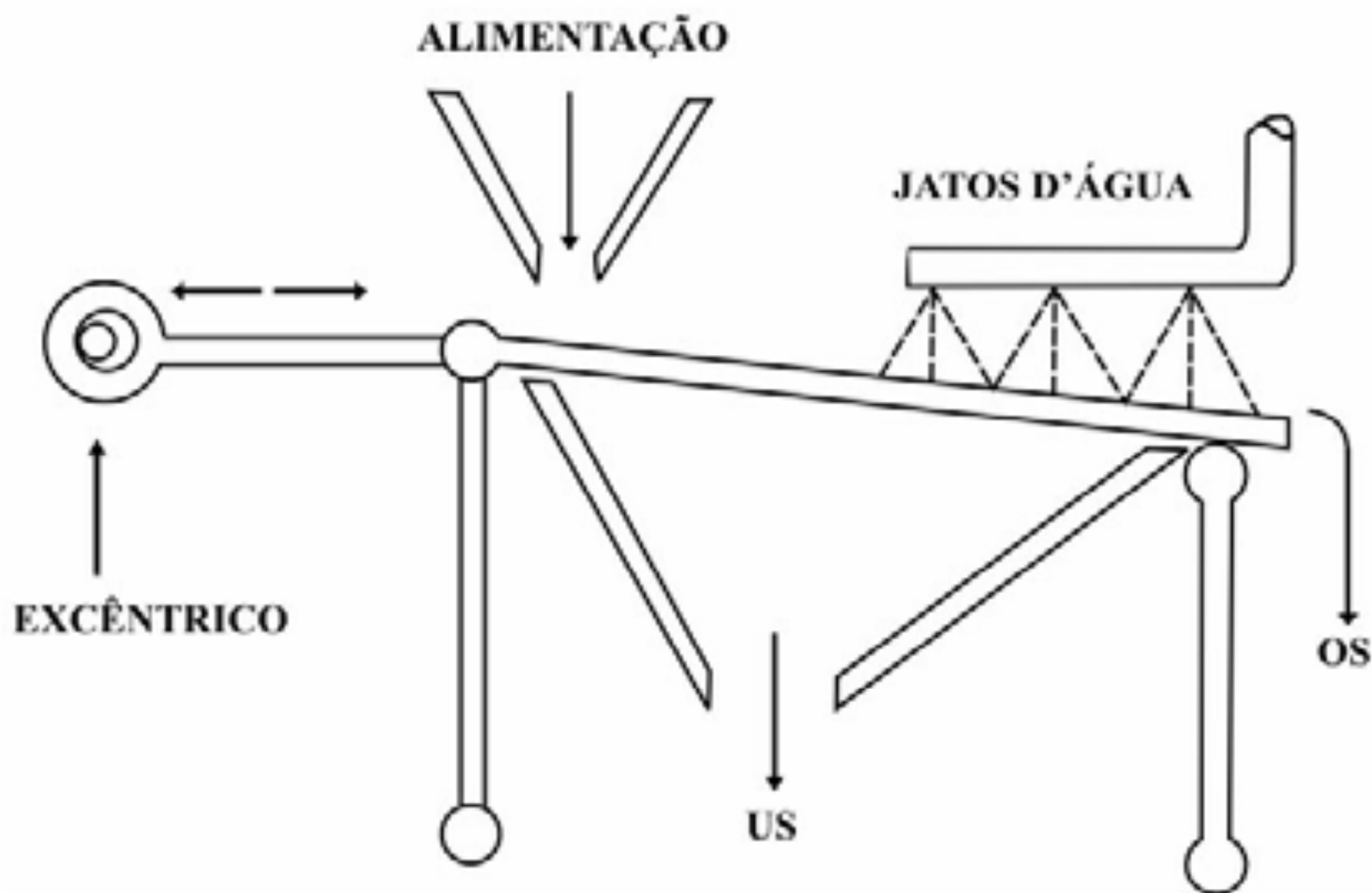
- Realizam um movimento alternado praticamente no mesmo plano da tela, tendo como resultante uma força positiva que faz com que as partículas movam-se para frente.
- Devido a esse movimento estas peneiras trabalham com uma pequena inclinação, entre 10 e 15°.



# Peneira reciprocativa

- A amplitude de seu movimento varia entre 2 e 25 cm com uma frequência de 60 a 800 movimentos por minuto, respectivamente.
- São empregadas na classificação de carvões e de outros materiais friáveis por reduzem a fragmentação eventual das partículas. Têm um campo de aplicação restrito diante das maiores vantagens apresentadas pelas peneiras vibratórias.

# Peneira reciprocativa



nto

# Peneira de alta frequência

- Caracterizam-se por terem **excitação direta da tela** por meio de vibradores que atuam eletromagneticamente.
- Um grande número de pontos de contato é uniformemente distribuído sobre a tela de forma que a superfície inteira da tela é vibrada com amplitude virtualmente uniforme.

# Peneira de alta frequência

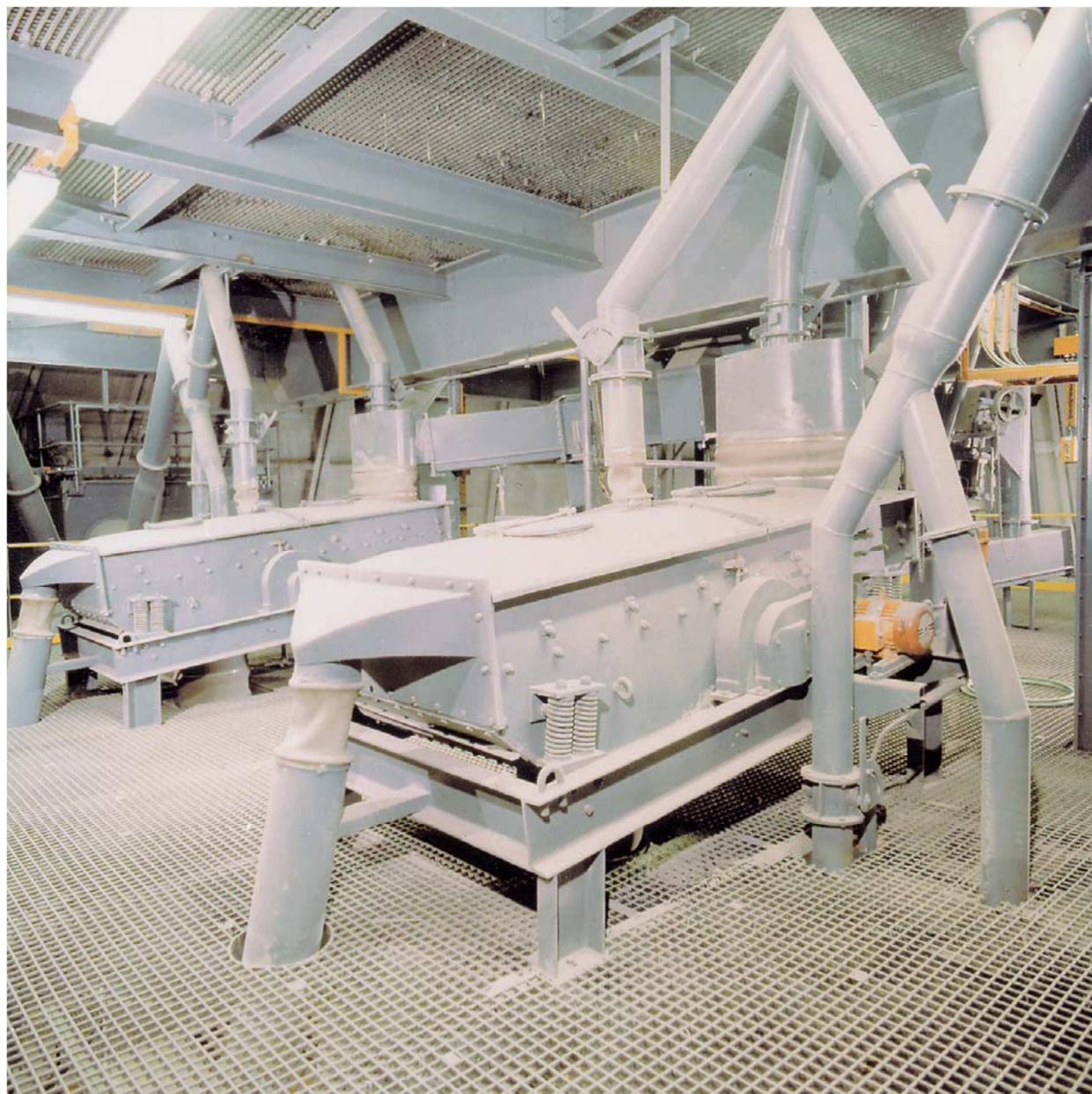
- Da alta aceleração da tela resulta um alto grau de classificação, particularmente no caso de finos.



# Peneira de rejeito

- Têm a função de retirar corpos estranhos de produtos, garantindo sua qualidade antes da passagem para uma nova etapa do processo.
- Uma utilização constante e fundamental destas peneiras se dá, por exemplo, antes do ensacamento do cimento, protegendo, assim, as turbinas das ensacadeiras.





separação



# Peneira desaguadora

- Utilizada para desaguamento dos mais diversos produtos, o equipamento trabalha em alicate para permitir uma melhor compactação do material e a consequente expulsão da água.
- A função básica é recuperar os finos de produtos presentes na polpa.



amento

# Peneiramento móvel

- São equipamentos que podem ser transportados para dentro da mina ou da usina.
- Normalmente trabalham junto com equipamentos de cominuição mineral (tipicamente britadores de mandíbulas ou cônicos).

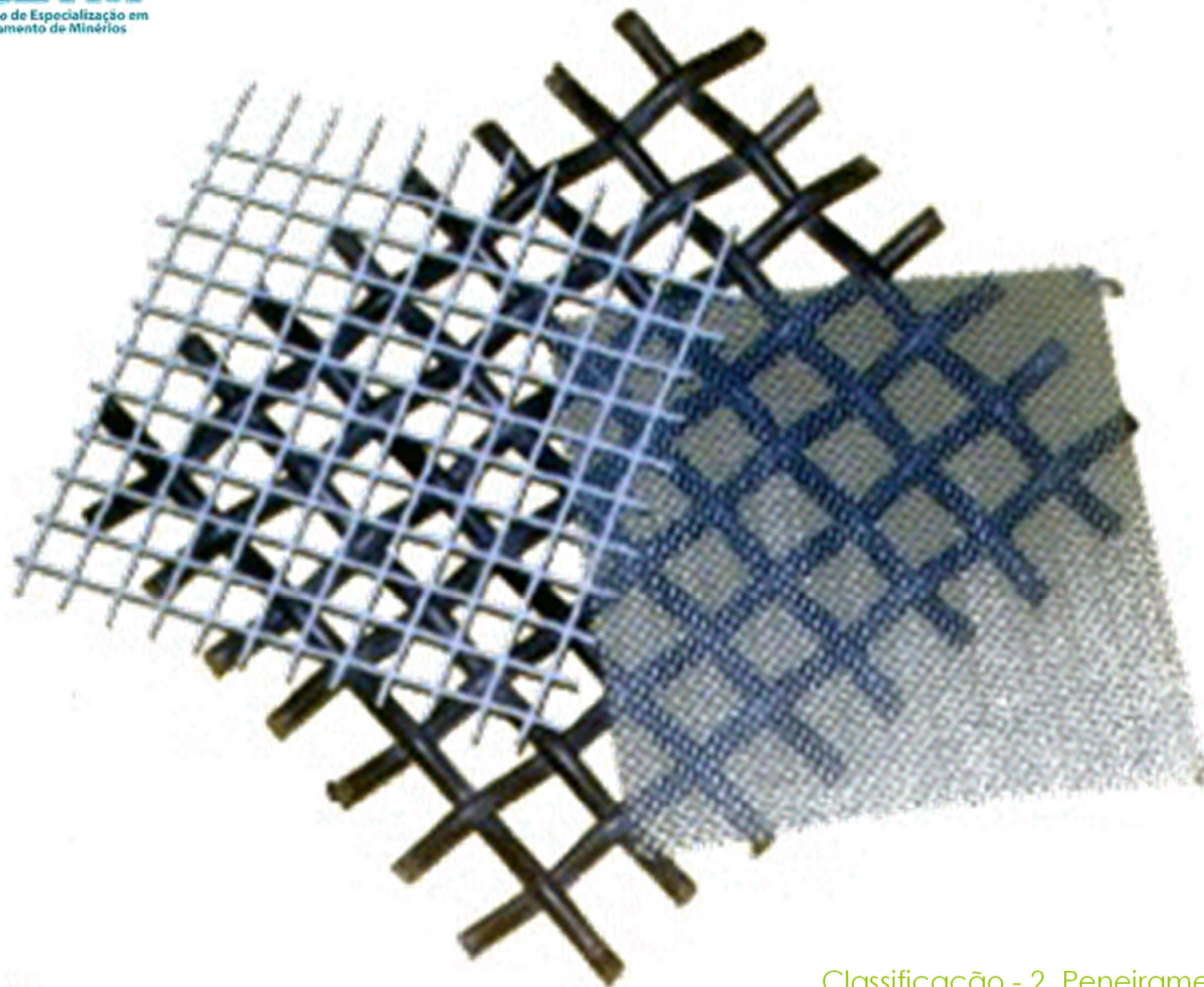




# Tela das peneiras

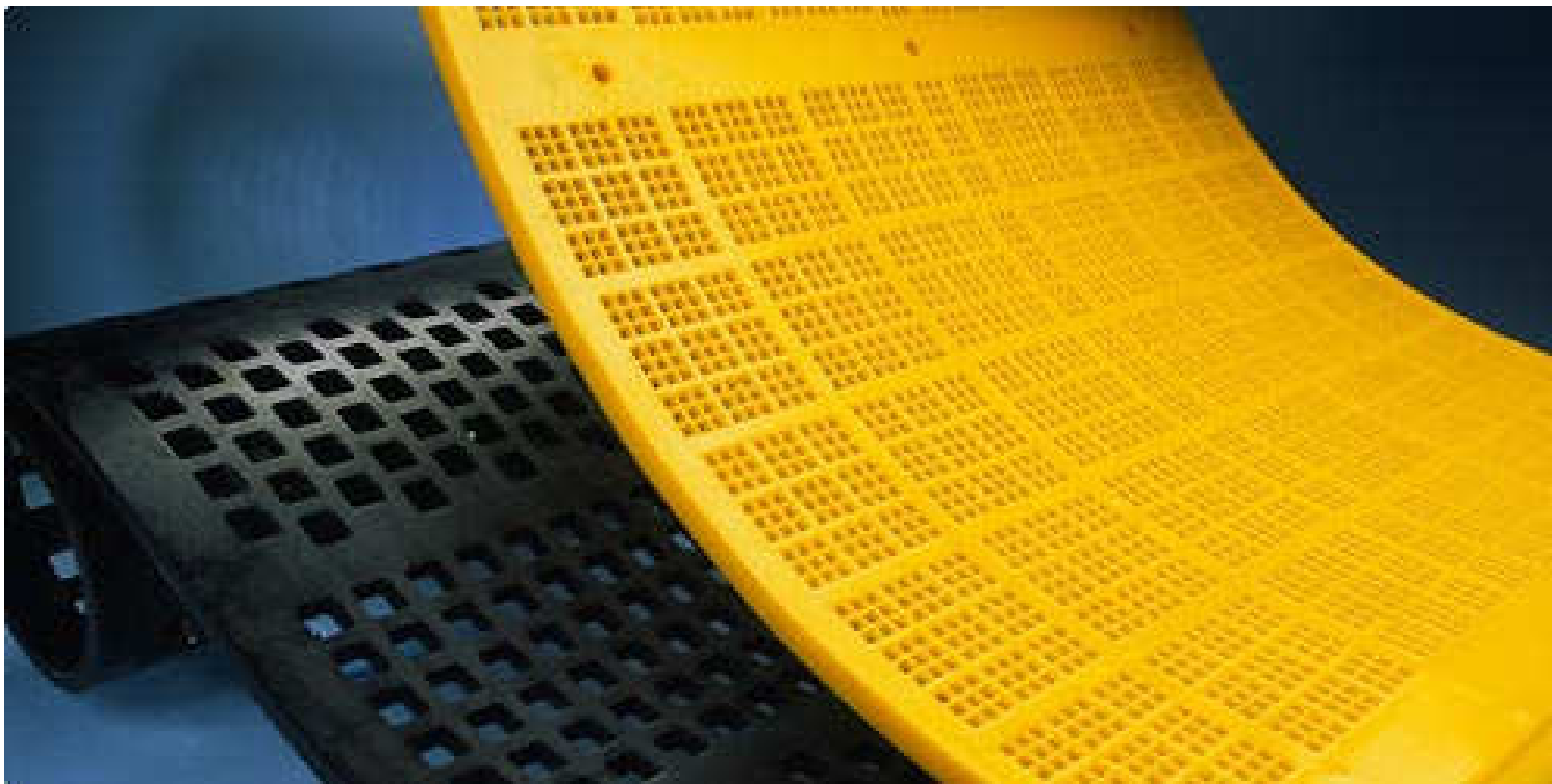
- Podem ser dos seguintes tipos:
  - Barras metálicas paralelas;
  - Chapas perfuradas;
  - Telas de arame trançado;
  - Malhas poliméricas (poliuretano e borracha).





Classificação - 2. Peneiramento



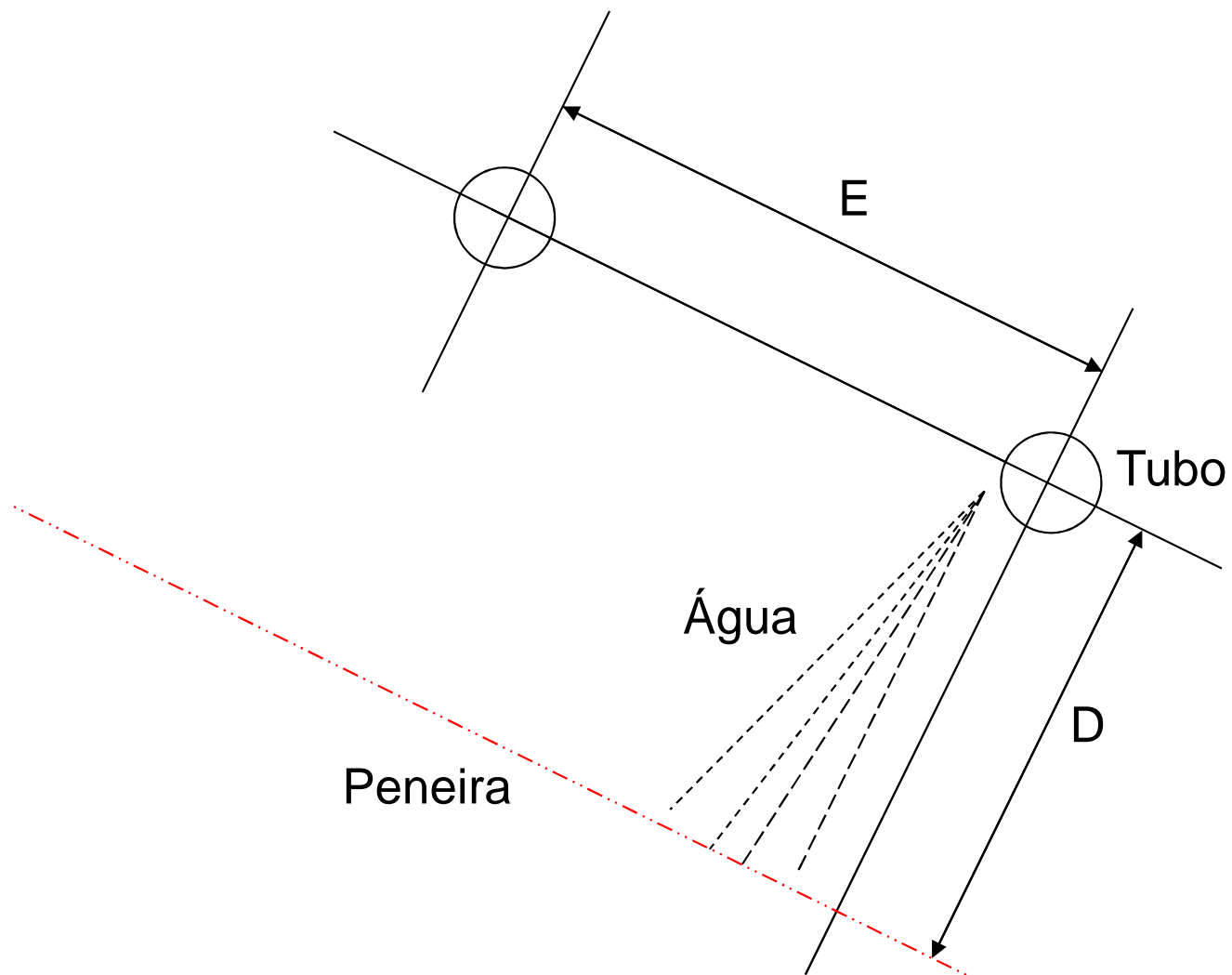


Classificação - 2. Peneiramento



# Água de lavagem

- O peneiramento a úmido é usado com a finalidade de remover partículas finas e argilas.
- São utilizados jatos de água através de bicos instalados em tubos transversais com pressão entre 1 e 3 atm (1 **atm** = 101.325 **Pa**).



Classificação - 2. Peneiramento