

# CAPÍTULO 8 – OPERAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO EM AEROCLASSIFICADOR STURTEVANT

## **Paulo Fernando Almeida Braga**

Engenheiro Químico/UFRRJ, Mestre em  
Engenharia Mineral/EPUSP  
Pesquisador do CETEM/MCT

## **Lauro Santos Norbert Costa**

Engenheiro Metalurgista/PUC-Rio, Mestre em  
Engenharia Metalúrgica e de Materiais/COPPE-UFRJ  
Pesquisador do CETEM/MCT



## 1. INTRODUÇÃO

Os aeroclassificadores (Figura 1) são regidos pelos princípios físicos da força centrífuga, da força de arraste e da aceleração da gravidade. A combinação destas forças resulta num processo de classificação de partículas, de acordo com o seu tamanho ou a sua densidade. Para materiais secos com granulometria abaixo de 100  $\mu\text{m}$ , a classificação a ar fornece os meios mais eficazes na classificação dos finos contidos na alimentação e obtenção de um produto final com menor quantidade de partículas grossas. O equipamento é indicado para operação em circuito de moagem, no qual possui um desempenho ótimo na remoção da fração fina.

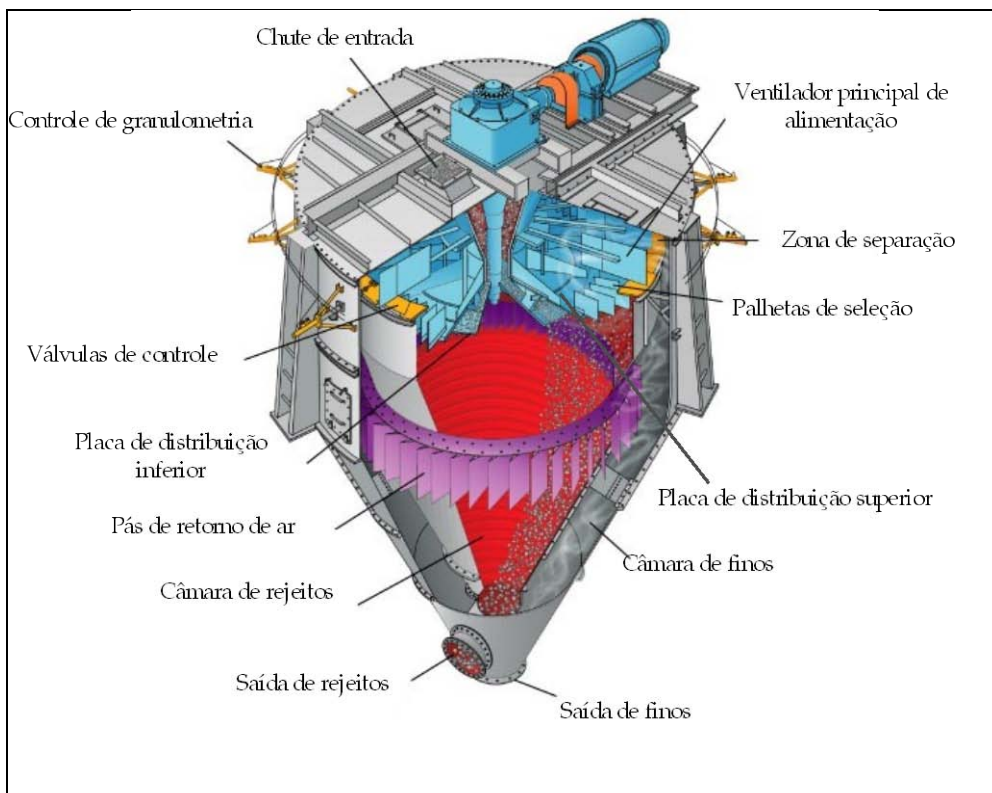


Figura 1 – Ilustração detalhada do aeroclassificador *Sturtevant Whirlwind*.

Entre as vantagens do uso da aeroclassificação, destacam-se a:

- (i) potencialidade para processar uma variedade de produtos oriundos de diversos setores industriais;
- (ii) capacidade elevada de processamento nas separações de produtos em granulometria que as tradicionais peneiras vibratórias não são aplicadas;
- (iii) sua construção simples e o baixo custo de manutenção associado à facilidade operacional;
- (iv) facilidade de controles externos de granulometria, sem a necessidade de parada do equipamento para ajuste do produto final;

Neste Capítulo são discutidos os procedimentos básicos para execução dos ensaios de classificação no aeroclassificador *Sturtevant Whirlwind* de 20", equipamento disponível no CETEM, além de uma breve descrição sobre o equipamento.

## **2. O AEROCLASSIFICADOR STURTEVANT WHIRLWIND**

O aeroclassificador *Whirlwind* consiste num sistema de classificação com ventilador e hélices separadoras. O projeto interno do equipamento não requer ciclones para fechamentos do circuito e filtros de manga para coleta das partículas finas. O desenho esquemático da Figura 2 ilustra as principais características do aeroclassificador *Sturtevant Whirlwind* de 20".

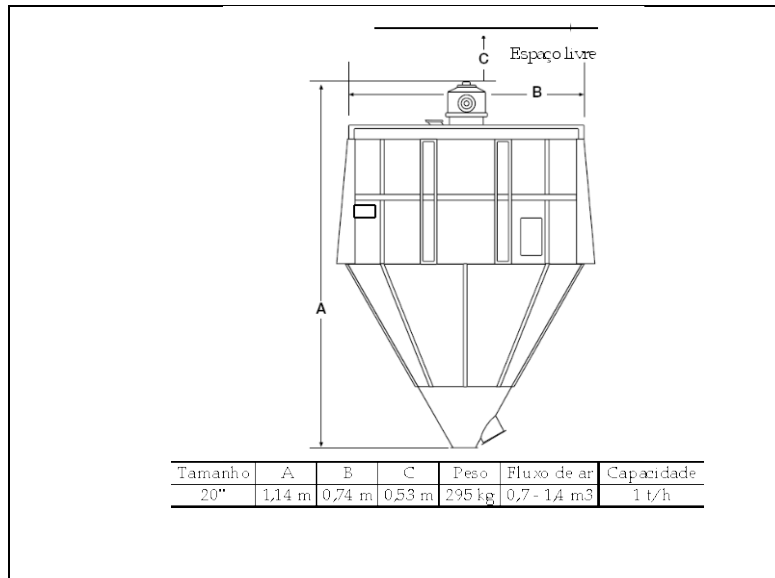


Figura 2 – Diagrama ilustrativo com dimensões do aeroclassificador *Sturtevant Whirlwind* de 20".

### 3. USOS E APLICAÇÕES DA AEROCLASSIFICAÇÃO

Cunha *et al.*, (2004) enfatizam as vantagens do uso do aeroclassificador, que alcançou rendimento de até 80% para adequar areia artificial, obtida com base em pó de brita oriundo de britadores giratórios e cônicos de pedreiras. A areia foi classificada no aeroclassificador para remover a fração fina e adequar o produto ao uso na construção civil (norma NBR 7211). O trabalho menciona a pouca importância, no caso, da taxa de alimentação e ressalta a importância da posição dos elementos de rejeição (lâminas) e da umidade da amostra que, para este material, não pode exceder 0,5% sem que os resultados fiquem sobremaneira prejudicados. Na Figura 3 encontram-se ilustrados os produtos obtidos com base em pó de brita produzido em unidade industrial produtora de brita para construção civil, após a classificação no aeroclassificador *Sturtevant*.

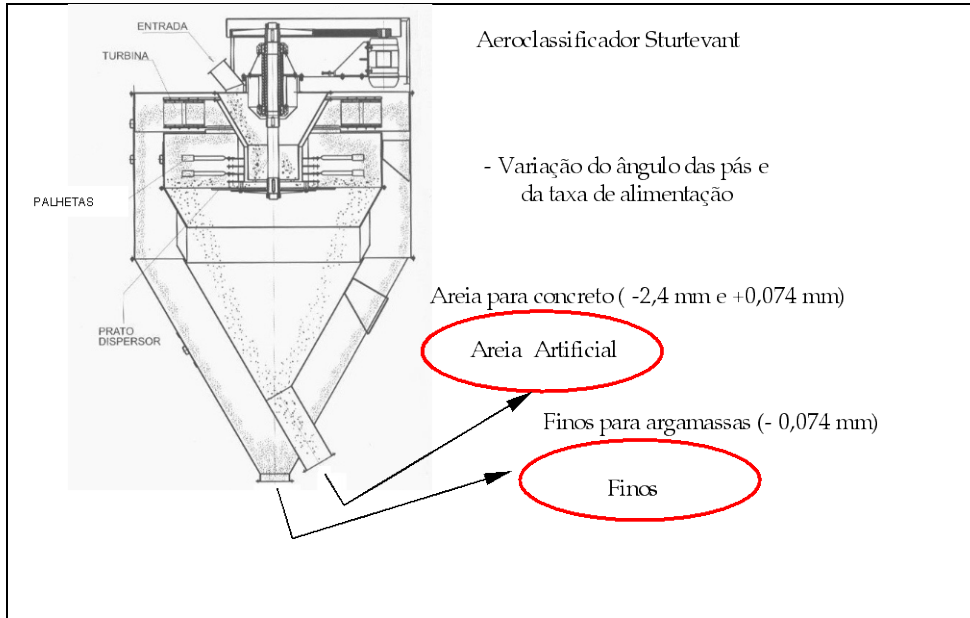


Figura 3 – Classificação dos produtos do britador VSI em aeroclassificador.

Outros usos da aeroclassificação são encontrados nas indústrias de cimento, cerâmica, plásticos, produtos químicos e alimentícios, bem como na classificação de carvão, diatomita, gesso, cal hidratado, minerais e pós-metálicos, areia de quartzo, carbonato e bicarbonato de sódio.

#### 4. PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE AEROCLASSIFICAÇÃO

Os materiais a serem classificados alimentam o cone de entrada do aeroclassificador com auxílio de um alimentador vibratório. Em seguida, são direcionados para o interior do equipamento pela ação da gravidade e da força centrífuga imprimida pela placa distribuidora rotatória superior.

A força centrífuga faz com que as partículas a serem separadas se afastem do centro da placa pelo movimento de rotação. Desta forma, as partículas são atiradas para as extremidades da placa rotatória superior, onde são coletadas nas abas da mesma e recolhidas na placa inferior logo abaixo. As duas placas delimitam a zona de classificação.

A intensidade da força sobre a partícula aumenta diretamente com a sua massa e com o quadrado da velocidade de rotação do aeroclassificador, segundo a Equação 1.

$$(F=1/2 MV^2) \quad [1]$$

Quanto maior a massa da partícula, obviamente, maior será a força e, à medida que as partículas se afastam do centro, a força diminui. Quanto maior a velocidade, maior a força.

Sabe-se que a velocidade de rotação do aeroclassificador deve ser controlada e, nesta ocasião, a força centrífuga imprimida deve ser suficiente para que o material penetre na zona de classificação com velocidade maior que aquela do material alimentado no equipamento. A classificação dos materiais tem início na zona de classificação compreendida entre as duas placas. À medida que partículas mais pesadas são afastadas para a periferia das placas, sua força diminui e elas se depositam, por gravidade, na câmara de grossos.

As partículas menores e/ou mais leves retardam seu movimento para a periferia da placa e são carregadas pelo fluxo ascendente de ar criado pelo ventilador principal até a zona de seleção.

O ventilador principal provoca uma circulação de ar contínuo no equipamento. O ar chega à alimentação e circula nas zonas de classificação e seleção em um movimento de espiral, chega à área dos finos e retorna pelas palhetas de retorno à zona de classificação.

O material da placa inferior é submetido a três tipos de forças: à força centrífuga, responsável pela classificação inicial; à força da gravidade, que exerce uma força para baixo e à força do ar ascendente, que é controlável e tende a elevá-las. A velocidade de alimentação, o volume de ar e a velocidade de rotação são fatores importantes nas zonas de classificação e seleção.

Uma cortina de material é formada acima da placa de distribuição inferior, na zona de classificação, fazendo uma trajetória normal pela ação da força da gravidade. A dispersão das partículas ocorre pela ação combinada da

força centrífuga e da ação do ar ascendente, que passa através do material e tende a elevar as partículas.

As partículas menores e mais leves são facilmente carreadas para cima, em direção à zona de classificação, na qual ocorre a classificação final. As partículas maiores e mais pesadas ficam mais afastadas do centro, fora da ação do fluxo de ar ascendente e se depositam como rejeitos.

O ventilador consiste numa série de lâminas, montadas na placa de distribuição superior. Este ventilador tem um propósito duplo na seleção final: é um seletor de tamanho rotativo pelo qual todos os finos ou o material de interesse devem passar, de modo a serem levados à zona de coleta e imprimir um efeito centrífugo. Com isso, as partículas maiores e mais pesadas se afastam para fora do centro, ficando fora do alcance do ar ascendente, enquanto as partículas finas são encaminhadas pelo ventilador de seleção para a câmara de finos.

O número e o tamanho das aberturas ou espaços pelos quais o material fino passa, assim como o tempo em que tais aberturas passam por um dado ponto, controlam a seleção da granulometria final. Variando tanto a velocidade de rotação quanto as aberturas, obtém-se seletividade em faixa bastante abrangente.

Observa-se que, quanto menores as aberturas no ventilador de seleção (ou seja, quanto maior número de lâminas), menor será a faixa de tamanho obtida no produto final, efeito que é incrementado com o uso de maior velocidade de rotação. Ao contrário, a redução do número de lâminas leva à obtenção de produto mais grosso.

Válvulas de controle estão localizadas estrategicamente entre o ventilador principal e o ventilador de seleção. Estas válvulas podem ser movidas para dentro ou para fora, assim, varia-se a abertura de entrada no ventilador principal. Quando se move essa válvula para dentro, a abertura diminui a capacidade volumétrica do ventilador principal, ao mesmo tempo, melhora a eficiência seletiva do ventilador pela formação de uma cobertura sobre as lâminas da seleção.



As pás de retorno de ar estão localizadas entre o cone dos grossos e a parte interna do aparelho cônico. Estas pás quebram o redemoinho do ar que desce para a câmara de finos, permitindo que estes se depositem suavemente no cone de finos. Elas estão assim dispostas, de modo a imprimir um movimento tangencial ao ar, que entra e volta à zona de classificação.

O ar carregado de finos sai pela descarga dos finos. O ar limpo retorna por meio das pás para ajudar na classificação.

## 5. AJUSTES OPERACIONAIS

Os ajustes variam de acordo as características do material a ser separado: peso ou densidade, granulometria desejada no produto final, teor de umidade, percentual de finos na alimentação, método de alimentação entre outras.

O controle da granulometria no produto final deve ser realizado por meio de ajustes mecânicos nos seguintes dispositivos do equipamento:

- (i) válvulas de controle montadas na superfície interna do aparelho;
- (ii) número de lâminas de seleção montadas na placa de distribuição superior;
- (iii) velocidade de rotação do aparelho, bem como do ventilador principal.

As válvulas de controle são reguladas manualmente por meio de hastes ou parafusos, uma a uma. Cada válvula deve ser movida de maneira idêntica, de forma que a abertura abaixo do ventilador principal seja aproximadamente simétrica. O movimento da válvula para dentro, gera-se uma tendência à classificação mais fina, movendo-as para fora gera um produto mais grosso. Em termos de capacidade, quanto mais abertas estiverem as válvulas, maiores serão as vazões.

O número de lâminas de seleção utilizado varia conforme a natureza do material e a granulometria do produto final. Para classificação fina, usa-se o máximo de lâminas, ao passo que, separações grossas permitem a retirada de uma ou mais lâminas. Às vezes, é possível trabalhar sem as lâminas, atentando para o equilíbrio da placa em que as mesmas estão montadas. Se há

48 lâminas na placa, pode-se retirar a metade alternadamente, removendo cada terceira ou quarta lâmina. Há inúmeras combinações possíveis, sempre respeitando a placa de montagem de lâminas. A adição de lâminas segue os mesmos critérios.

As lâminas de seleção ainda podem ser reguladas para cima e para baixo, por meio de pinos de encaixe. O ajuste para produto mais fino é obtido com cada lâmina na posição mais elevada, de tal forma que a parte de cima da lâmina gire próximo à parte inferior da estrutura interna cônica do aparelho, quando a placa rotativa está em movimento. De forma geral, a ausência de lâminas na placa rotativa superior, implica em uma velocidade de rotação, mais levada, que resulta na obtenção de um produto mais grosso. No entanto, com o jogo completo de lâminas sobre a placa superior constituindo o ventilador de seleção, o uso de maiores velocidades de rotação acarreta a obtenção de produto mais fino.

O fabricante sugere que só se recorra a mudanças na velocidade de rotação, mediante consulta ao representante ou ao próprio fabricante, sempre informando o objetivo da alteração.

O diâmetro do ventilador principal pode variar de acordo com a posição das lâminas, dependendo da maneira que estiverem ajustadas: para dentro ou para fora. Quando estiverem reguladas para fora, o ventilador aumenta sua área de abrangência e tem um maior poder de arraste, resultando um produto final mais grosso. Com as lâminas para dentro ou em número reduzido, a capacidade de produção do equipamento é reduzida, gerando um produto mais fino.

Um teste inicial deve ser feito com as válvulas do ventilador para fora e lâminas de seleção bem abertas. Se o produto sair fino demais, reduz-se o número de lâminas de seleção. Por outro lado, se o produto estiver muito grosso, deve fechar um pouco as válvulas de controle e mudar suas posições até se conseguir a granulometria fina desejada. Só a prática dirá qual a posição ideal das válvulas e número de lâminas necessário para se obter o produto na granulometria desejada.

A maior capacidade de produção é obtida com as lâminas do ventilador principal para fora e as válvulas totalmente abertas. Fechando-se levemente as

válvulas pode-se alcançar o resultado esperado. Há casos em que poucas lâminas de seleção bastam com as válvulas um pouco fechadas, mas para classificação na faixa granulométrica fina, o normal é trabalhar com todo o jogo de lâminas.

Sempre que se for usar o equipamento é bom deixá-lo girar algum tempo sem nada controlar, para limpar a máquina do material de ensaios anteriores.

## 6. CUIDADOS ESPECIAIS

A taxa de alimentação do aparelho deve ser constante e deve haver um certo controle na alimentação, mantendo inalterado o conteúdo de finos, de modo a não ocorrer erros após os ajustes. É recomendável um conteúdo de finos entre 70 e 80% na alimentação e uma carga circulante de 200%. Isto, porém, não é regra geral e pode variar com o tipo de alimentação, com o tipo de moagem e com as características do produto final.

Rendimentos aceitáveis da classificação somente serão obtidos com o material seco e bem desagregado, isto é, a umidade torna-se uma variável de maior importância.

Para retirada dos finos do separador, é desejável uma calha bem aberta ou um transportador tipo parafuso sem-fim. Um tubo de exaustão também pode ser acoplado à saída do produto para coletar ar contaminado de finos, terminando em um filtro de mangas.

## 7. CÁLCULOS PARA O AEROCLASSIFICADOR STURTEVANT

Várias fórmulas empíricas podem ser utilizadas para calcular a capacidade de produção, a eficiência da classificação, a proporção de produto, grossos e a carga circulante. As variáveis utilizadas são: a percentagem de finos na alimentação do separador (A), a percentagem de finos contida nos grossos do processo (B) e a percentagem de finos contida no produto final (C). Além desses valores, devem ser conhecidas: a produção de finos por unidade de tempo (D), a eficiência do aparelho (E) e a taxa de alimentação na unidade de tempo (F).

**Fórmulas para o Cálculo da Capacidade de Produção**

$$A = B + D \times (C - B)/F$$

$$D = F \times (A - B)/C - B$$

$$B = \{ (A \times F) - (D \times C) \} / (F - D)$$

$$F = D \times (C - B)/A - B$$

$$C = B + F \times (A - B)/D$$

**Fórmulas para Cálculo da Eficiência**

$$E = 100 \times C \times (A - B)/A \times (C - B)$$

$$A = (100 \times B \times C) / 100 \times C - E \times (C - B)$$

$$B = A \times C \times (100 - E) / (100 \times C) - (A \times E)$$

$$C = A \times B \times E / A \times E - 100 \times (A - B)$$

**Partição entre Produto e Rejeito em Relação à Alimentação**

$$100 \times (A - B) / (C - B) = \% \text{ da alimentação no produto}$$

$$100 \times (C - A) / (C - B) = \% \text{ da alimentação no rejeito}$$

**Percentagem da Carga Circulante (%C)**

$$(\%C) = 100 \times (C - A) / (A - B)$$

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Cunha, E.R.; Almeida, S.L.M. de; Tavares, L. M.M. Desempenho do Classificador Pneumático Sturtevant na Produção de Areia Artificial. In: Anais do XX ENTMME, Florianópolis, Brasil, 2004.

Operating Instructions Sturtevant™ Air Separator, Boston, Massachusetts, 1984.