

## PROBLEMAS NO TRANSPORTE VERTICAL DE PÓ ATOMIZADO COM AR COMPRIMIDO

Silva, A.L.<sup>(1)\*</sup>; Bernardin, A.M.<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PGMAT),  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
88040-900, Florianópolis, SC

<sup>(2)</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM),  
Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC),  
88806-000 Criciúma, SC.

\*e-mail: andresilva.urussanga@gmail.com

### RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido industrialmente em uma empresa que trabalha com o processo de fabricação de revestimentos cerâmicos por via úmida. O objetivo principal foi avaliar variações nas características de pó atomizado transportado verticalmente com ar comprimido. Foram avaliadas a distribuição granulométrica, umidade e fluidez do pó atomizado. A morfologia dos grânulos foi avaliada por microscópio eletrônico de varredura. O centro da investigação foi a fluidez do pó atomizado, que por sua vez pode prejudicar o carregamento da prensa e provocar variações de compactação na mesma peça, causando assim problemas geométricos com o material e variações de tamanho. Os resultados mostram que o transporte vertical com ar comprimido prejudica significativamente a fluidez do pó atomizado, além de diminuir a umidade e alterar a esfericidade dos grânulos.

Palavras-chave: pó atomizado, fluidez, prensagem.

## INTRODUÇÃO

O processamento cerâmico começa com as matérias-primas que podem ser beneficiadas física e/ou quimicamente, através de operações como britagem, moagem, lavagem, dissolução química, sedimentação, flotação, separação magnética, dispersão, mistura, classificação, desaeração, filtração ou filtro-prensagem. A conformação depende da consistência do sistema (suspensão cerâmica, pasta plástica ou pó atomizado), que dará uma forma particular ao material. A secagem remove os líquidos residuais do processamento, aumentando a resistência mecânica da peça. A esmaltação e decoração promovem o embelezamento superficial do suporte e a queima o tratamento térmico final, produzindo uma microestrutura definida <sup>(1)</sup>.

A moagem de matérias-primas cerâmicas para revestimentos pode ser a seco ou a úmido. O processo a seco consiste na moagem das matérias-primas sem adição de água. O ajuste adequado da umidade para a posterior prensagem do pó é feito em uma etapa sucessiva, por meio de equipamentos de umidificação. O processo a úmido consiste na moagem das matérias-primas em presença de água e a subsequente atomização (secagem por *spray*) da suspensão ou barbotina obtida <sup>(2)</sup>.

A operação de secagem por atomização tem por objetivo eliminar o excesso de água do processamento e obter um granulado com as propriedades ideais para a conformação por prensagem: umidade, distribuição granulométrica, densidade aparente e aptidão ao escoamento. Na operação de secagem a barbotina é pulverizada por bicos de pressão e bombas de pistão, a pressões da ordem de 25bar. O *spray* gerado entra em contato com ar quente (500-600°C) formando o granulado, reduzindo a umidade de aproximadamente 40% para 6% <sup>(1)</sup>.

### Características do Pó atomizado

Normalmente, as indústrias de fabricação de revestimentos cerâmicos fazem no dia-a-dia o controle da distribuição granulométrica e umidade do pó atomizado. Porém, outras propriedades, tais como, fluidez e morfologia dos grânulos também são importantes na caracterização do pó atomizado.

A distribuição granulométrica e o percentual de umidade do pó interferem na fluidez do grânulo e na prensagem do material, alterando a densidade aparente, absorção de água, resistência mecânica da peça e estabilidade dimensional de queima <sup>(3)</sup>. Uma boa distribuição granulométrica permite aos grânulos de diversos tamanhos um melhor empacotamento, de modo que aumenta a densidade aparente do pó. O empacotamento das partículas menores tem muita importância para preencher os vazios entre as maiores <sup>(4)</sup>.

### Fluidez do Pó atomizado

Um bom empacotamento é resultado de uma boa fluidez, que permite um perfeito escoamento dos grânulos. Os grânulos que possuem frações inferiores a 125  $\mu\text{m}$  são os que possuem menor fluidez. As frações que possuem maior fluidez são aquelas compreendidas no intervalo entre 125  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$  <sup>(4)</sup>.

A Figura 01 mostra a relação entre o tamanho do grânulo e a fluidez do pó.

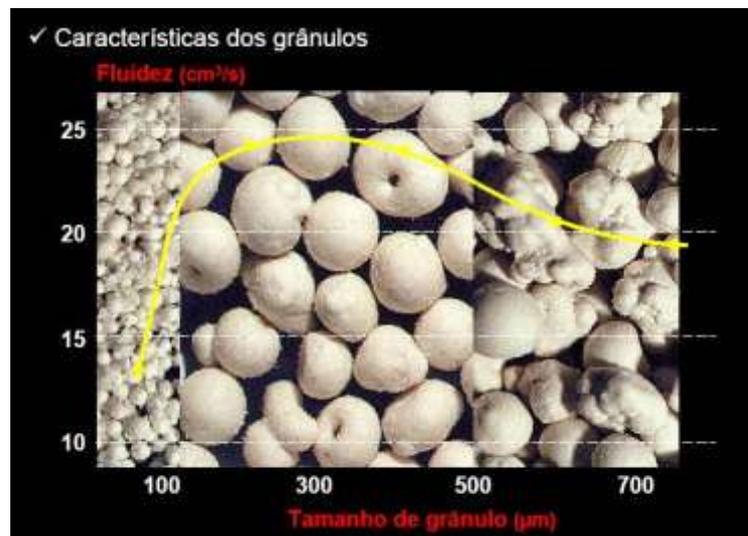


Figura 01. Relação entre a fluidez e o tamanho do grânulo <sup>(5)</sup>.

A umidade do pó atomizado também tem uma forte influência sobre a sua fluidez. A fraca interação que se estabelece por causa da força de capilaridade entre os grânulos úmidos diminui o escoamento do pó. Esta diminuição começa a partir de 5 a 6% de umidade <sup>(4)</sup>.

Podem-se obter as indicações da fluidez de um pó através dos seguintes índices: ângulo de repouso, velocidade de fluxo e Índice de Hausner <sup>(4)</sup>.

O ângulo de repouso é uma medida da fluidez do material que pode ser obtida colocando 200 g de pó num funil a 25 cm de altura. Os grânulos vão formar um cone, quanto maior for o ângulo de repouso, menor é a fluidez do pó.

A velocidade de fluxo é referente à velocidade que 75 g de pó saem de um funil posto a 25 cm de altura. A medida é g/s ou cm<sup>3</sup>/s <sup>(4)</sup>.

O índice de Hausner é a comparação entre o volume aparente e o volume vibrado do pó. Volume aparente entende-se como o volume que ocupa o pó colocado dentro de um cilindro graduado. Provocando uma vibração no cilindro o pó se assenta através do escoamento das partículas, assim mede-se o volume vibrado, que é menor. Para calcular a densidade divide-se a massa pelo volume <sup>(4)</sup>. Assim, Índice de Hausner (IH) é a divisão entre a densidade vibrada (DV) e a densidade aparente (Dap).

Com o atrito entre os aglomerados tende-se a uma menor fluidez. Se o atrito for maior, a diferença entre a densidade vibrada e a aparente também será, conseqüentemente o IH também será maior. Um elevado valor de IH representa, portanto, uma baixa fluidez. O valor do IH de um pó é influenciado pela umidade do pó, distribuição granulométrica e morfologia dos grânulos <sup>(6)</sup>.

### Transporte de Pó Atomizado

O transporte de pó atomizado se faz necessário para locomoção dos grânulos dentro da unidade fabril. Essa locomoção normalmente é feita entre atomizador, silos e prensas. Dentre os transportadores utilizados para cerâmica, os principais são transportadores de correia, transportadores de rosca, elevadores de canecas e transportadores pneumáticos.

Os transportadores de correia e de rosca são mais comumente utilizados para transporte de pó na horizontal enquanto os elevadores de canecas e transportes pneumáticos na vertical <sup>(7)</sup>.

Os elevadores de canecas são constituídos de uma robusta estrutura em chapa e com a extremidade superior com moto redutor e com dispositivo antirretorno, correia de transporte em borracha reforçada completa de taças

(canecas) em aço, com os bordos reforçados e com a base de carga com o grupo de tensionamento (esticador) com ampla regulação <sup>(7)</sup>.

Transportes pneumáticos são sistemas usados, tanto com pressão quanto com depressão, para empurrar ou puxar materiais com velocidades altas através de linhas de transporte. O equipamento consiste em recipiente de pressão funcionando como transportador e uma linha de transporte <sup>(8)</sup>.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar as características de um pó atomizado durante a fabricação de porcelanato, especialmente o transporte vertical com ar comprimido. O centro da investigação foi a fluidez do pó atomizado, sendo analisadas também a umidade e a distribuição granulométrica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria de fabricação de revestimentos cerâmicos. O pó atomizado é produzido em uma empresa terceirizada, por isso são transportados em grandes sacos, conhecidos como *big bags*. Cada *big bag* contém cerca de 1000 kg de massa. Para realização da prensagem do pó atomizado era necessário transportá-lo do saco para um silo localizado atrás da prensa, denominado tremonha. Esse transporte era realizado com ar comprimido por meio de um propulsor dentro de uma tubulação fechada. A pressão do ar utilizada era de 6 bar. Para determinação da influência do transporte vertical com ar comprimido nas características do pó atomizado foram coletadas seis amostras de pó atomizado. Analisando três lotes diferentes, foram coletadas amostras antes e depois do transporte com ar comprimido, formando pares de análises (antes e depois) para cada lote. Esses pares de amostras foram nomeados como amostras 1, 2 e 3.

Para a determinação da umidade do pó atomizado foram utilizados 20 g de pó atomizado e analisados em umidímetro (Ohaus, modelo MB35 Halogen) durante oito minutos. A distribuição granulométrica foi realizada com amostras de 100 g de pó atomizado. Foi utilizado um sistema vibrador (Vibrotech CT025, 600 W, 60 Hz) com um conjunto de malhas 35, 60, e 100 (ABNT) durante cinco minutos de vibração com frequência de 60 Hz determinando-se a distribuição granulométrica. De acordo com o material retido em cada malha da peneira tem-se um tamanho característico do pó atomizado, ou seja: #35, pó atomizado acima de 500 µm; #60, pó atomizado entre

250  $\mu\text{m}$  e 500  $\mu\text{m}$ ; #100 pó atomizado entre 150  $\mu\text{m}$  e 250  $\mu\text{m}$ ; finos, pó menor que 150  $\mu\text{m}$ .

Para determinação da fluidez do pó atomizado foram utilizados os parâmetros de velocidade de fluxo e índice de Hausner. A velocidade de fluxo foi medida considerando o tempo de escoamento do pó atomizado. Foi utilizado um funil feito de garrafa pet com 1040 ml de volume de pó atomizado, marcando assim o tempo de escoamento em segundos com o auxílio de um cronômetro. O equipamento estava a uma altura de 160 mm do plano horizontal e suas dimensões são conforme Figura 02 em milímetros.

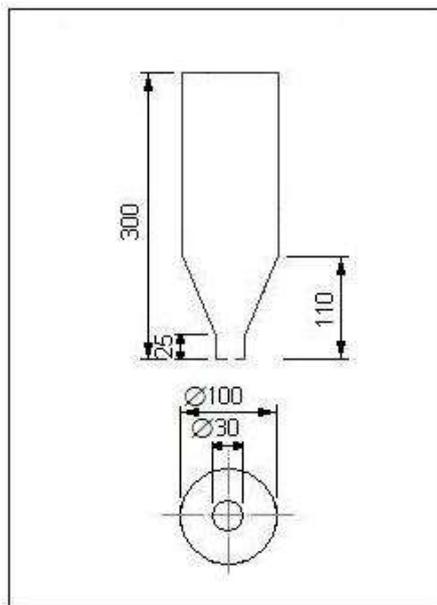


Figura 02. Dimensões do equipamento utilizado para medir a velocidade de fluxo.

O índice de Hausner foi calculado dividindo a densidade vibrada pela densidade aparente. Foi utilizado um recipiente cilíndrico com volume de 423  $\text{cm}^3$  de aço inoxidável para medida das densidades.

O volume vibrado foi obtido colocando o recipiente sobre um aparelho de vibração (Vibrotech CT025) durante 5 segundos com vibração na intensidade mínima. Medindo-se a diferença entre a altura inicial e a altura final (após a vibração) e conhecendo-se as dimensões do recipiente foi calculado o volume vibrado.

A morfologia dos grânulos foi analisada utilizando microscópio eletrônico de varredura (SEM, Philips XL30).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise da umidade do pó atomizado medidos antes e depois do transporte com ar comprimido são mostrados na Figura 03.

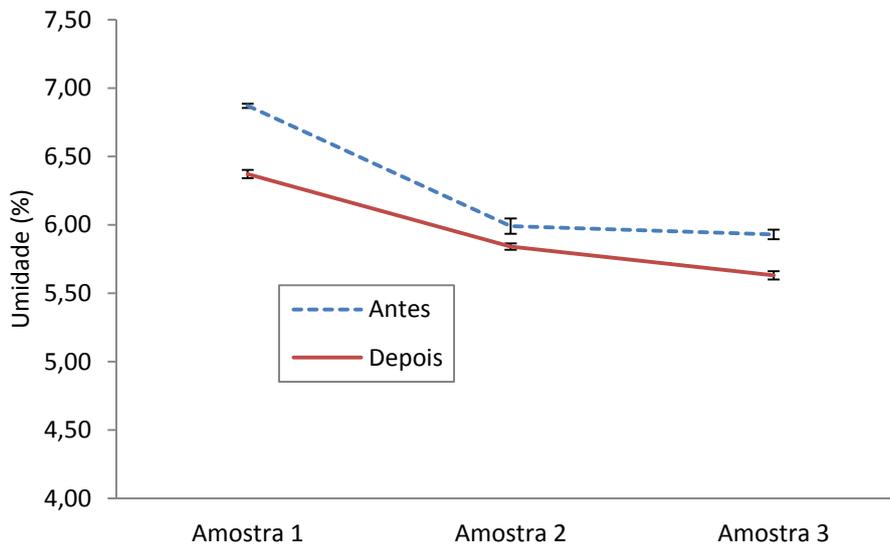


Figura 03. Umidade do pó atomizado antes e depois do transporte com ar comprimido.

De acordo com os dados apresentados na Figura 03, o transporte vertical de pó atomizado com ar comprimido provoca perda de umidade no pó atomizado. Os valores podem variar de 0,15% a 0,5%, podendo dificultar o controle da densidade aparente na prensagem do material. Variações na densidade aparente do material podem provocar defeitos geométricos e diferenças de tamanho no produto final, além da possibilidade de uma maior compactação em algumas regiões da peça, podendo provocar furos no esmalte devido à dificuldade de liberação dos materiais orgânicos e carbonatos presentes nas matérias-primas da massa.

A média da distribuição granulométrica das amostras 1, 2 e 3 antes e depois do transporte com ar comprimido é mostrada na Figura 04.

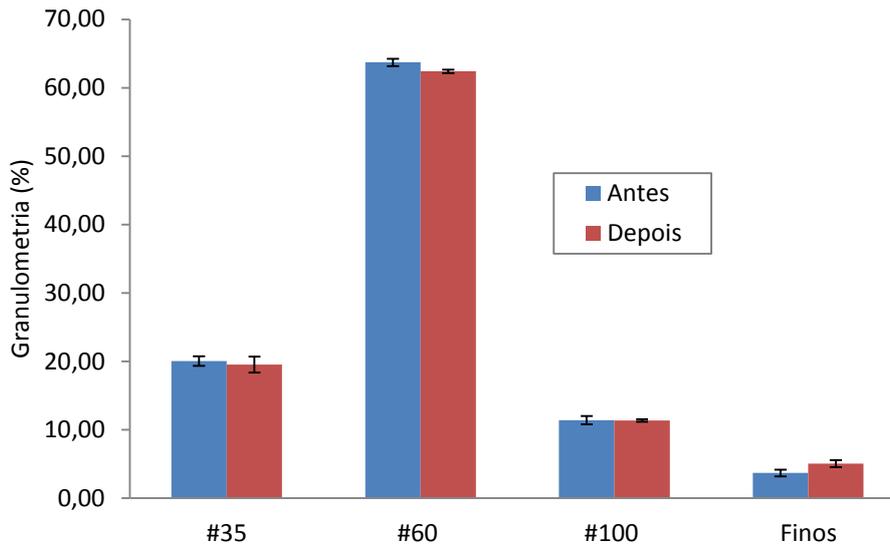


Figura 04. Distribuição granulométrica média das amostras antes e depois do transporte com ar comprimido.

Analisando a distribuição granulométrica do pó atomizado após o transporte com ar comprimido, percebe-se um aumento na fração de partículas menores que 150  $\mu\text{m}$ , representadas como finos no gráfico. Esse aumento é proveniente da quebra dos grânulos maiores (#35, #60 e #100), que aparecem tendencialmente em percentuais menores no gráfico. O aumento de partículas pequenas (menores que 150  $\mu\text{m}$ ) provoca a redução da fluidez do pó atomizado, que por sua vez, pode prejudicar o empacotamento dos grânulos na cavidade da prensa.

A fluidez do pó atomizado medida pelo tempo de escoamento das amostras antes e depois do transporte vertical com ar comprimido é mostrada na Figura 05.

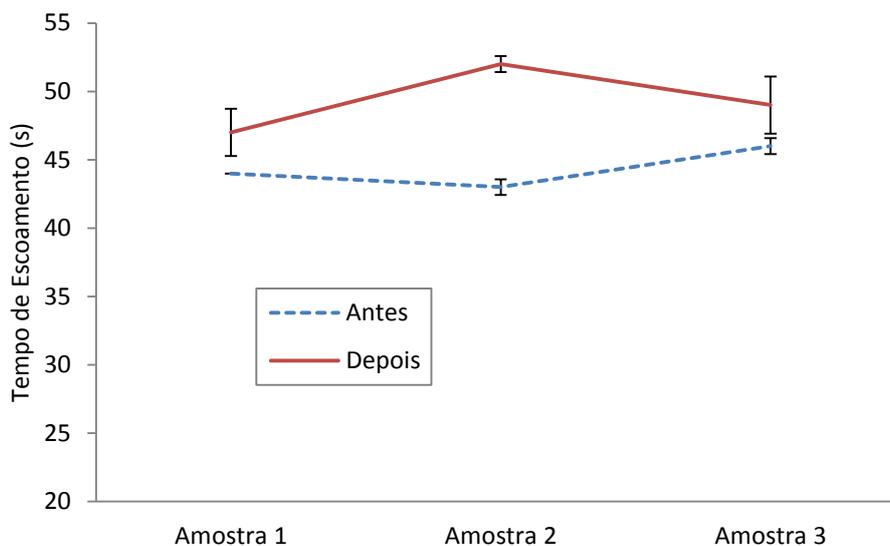


Figura 05. Tempo de escoamento do pó atomizado antes e depois do transporte com ar comprimido.

A Figura 05 mostra que o transporte de pó atomizado com ar comprimido prejudica a fluidez dos grânulos. Através do tempo de escoamento pode-se perceber que em todas as amostras analisadas a fluidez foi menor após o transporte vertical com ar comprimido.

A dificuldade de escoamento dos grânulos após o transporte, também pode ser comprovada através do índice de Hausner (Figura 06). Quanto maior o valor, menor é a fluidez das partículas. Percebe-se então, que após o transporte com ar comprimido a fluidez do pó atomizado diminuiu.

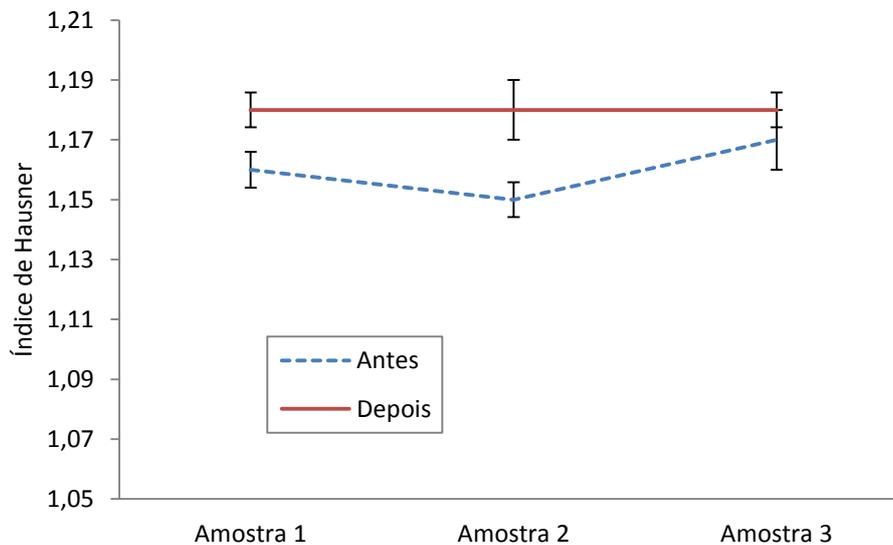


Figura 06. Índice de Hausner do pó atomizado antes e depois do transporte vertical com ar comprimido.

Menor fluidez significa uma maior dificuldade de empacotamento dos grânulos, aumentando a tendência de defeitos geométricos após a prensagem.

Para um melhor entendimento dos comportamentos de fluidez do pó atomizado, foi analisada a morfologia dos grânulos com auxílio do microscópio eletrônico de varredura (MEV). A Figura 07 mostra os grânulos observados por MEV antes e depois do transporte com ar comprimido.

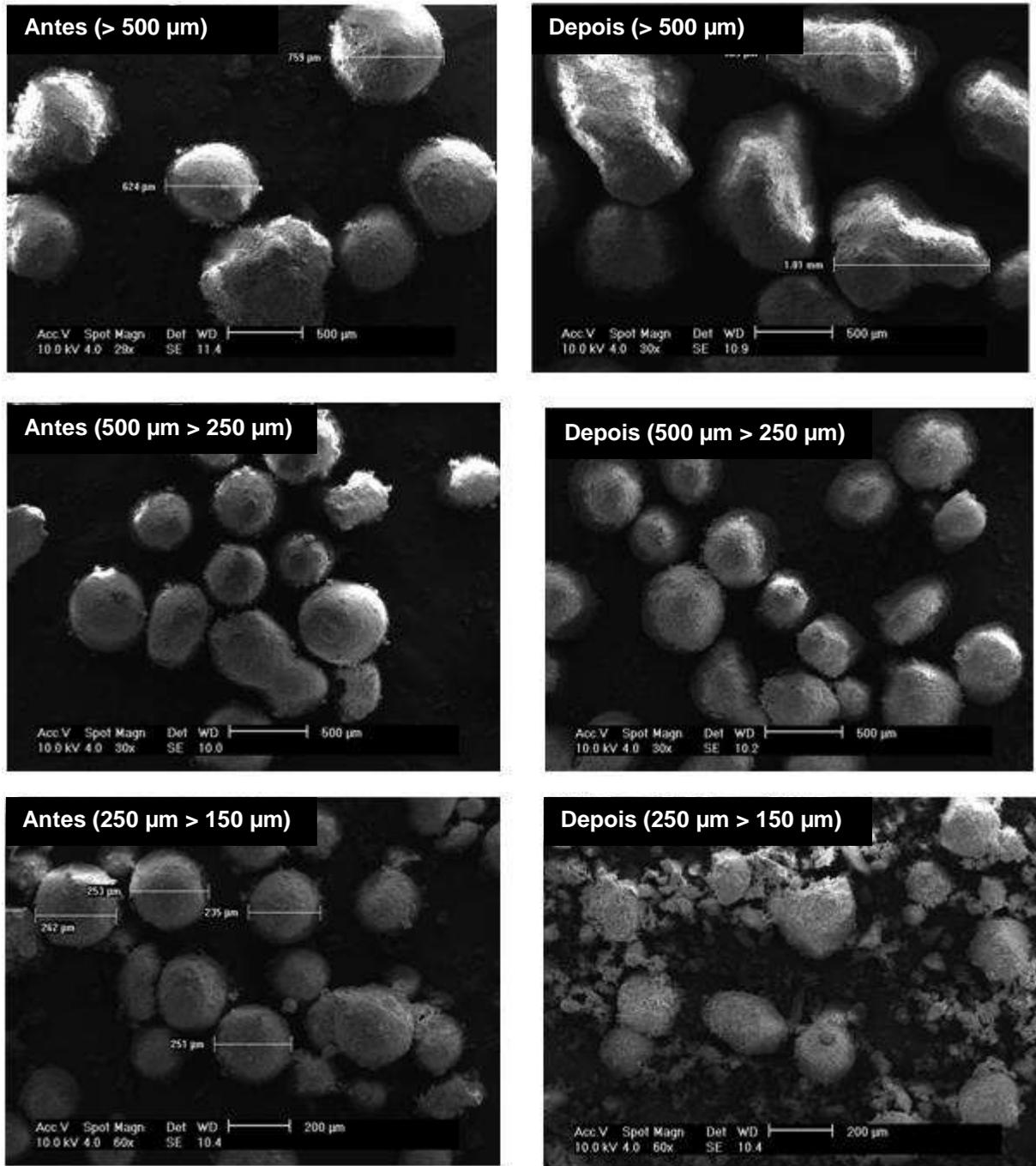


Figura 07. Grânulos de pó atomizado antes e depois do transporte com ar comprimido com suas respectivas faixas de tamanho.

Observando os grânulos com tamanho acima de 500 µm, percebe-se que houve uma alteração na sua morfologia. Os grânulos que antes eram tendencialmente esféricos, depois do transporte com ar comprimido se deformaram, assumindo formas não esféricas. Essa não esfericidade também contribuiu para a redução da fluidez do pó atomizado após o transporte com ar comprimido. Nos grânulos com tamanho entre 250 µm e 500 µm não se perceberam diferenças

significativas na forma dos grânulos. Nos grânulos com tamanho entre 150 µm e 250 µm, nota-se uma grande quantidade de pós finos misturados aos grânulos normais. Isso é um indicativo de que houve quebra nos grânulos. Como apresentado na Figura 01, grânulos menores têm maior dificuldade de escoamento, logo esse aumento de grânulos finos também contribuiu para a redução da fluidez do pó atomizado após o transporte com ar comprimido.

## CONCLUSÕES

O transporte vertical de pó atomizado com ar comprimido reduz a fluidez dos grânulos. A umidade do pó atomizado é diminuída com o transporte, enquanto a quantidade de materiais finos é aumentada.

A morfologia dos grânulos também é afetada com o transporte com ar comprimido, especialmente nos grânulos maiores que 500 µm. Esses apresentaram irregularidades na esfericidade. Houve também um aumento nos grânulos menores que 150 µm.

Enfim, o transporte de pó atomizado com ar comprimido pode prejudicar as características do produto final, pois a redução na fluidez provoca uma maior dificuldade de empacotamento dos grânulos na cavidade da prensa. Podendo assim provocar defeitos geométricos no material em função da variação de densidade aparente na mesma peça. Como alternativa, sugere-se o uso de transportadores que não utilizam ar comprimido no transporte vertical de pó atomizado, como os elevadores de canecas.

## REFERÊNCIAS

- [1] FONSECA, A.T. Tecnologia do Processamento cerâmico. Lisboa: Universidade Aberta, 2000.
- [2] OLIVEIRA, A.P.N. de; HOTZA, D. Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos. Editora UFSC, Florianópolis, 2011.
- [3] LUNARDI, S. Estudo das variáveis que interferem na cor do porcelanato técnico. 2004. 54f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Cerâmica), UNESC, Criciúma, 2004.
- [4] EMILIANI, G.P.; CORBARA, F. Tecnologia cerâmica. 2.ed. Faenza: Gruppo Editoriale Faenza Editrice, 2001.

[5] BERNARDIN, Adriano M. Apostila defeitos de fabricação cerâmica. Criciúma, 2009.

[6] DA LUZ, Daniel. Implementação de controles para massa atomizada. TCC (Trabalho de conclusão de curso Técnico em Cerâmica), SENAI, Criciúma, 2005.

[7] BRISTOT, V.M. Máquinas e Equipamentos para Cerâmica. Editora: Luana, Criciúma/SC, 1996.

[8] DYNAMIC AIR LTDA. [www.dynamicair.com](http://www.dynamicair.com). Acessado em 01/04/2013.

Problems in the vertical transport of dust with compressed air atomized

## PROBLEMS IN THE VERTICAL TRANSPORT OF ATOMIZED POWDER WITH COMPRESSED AIR

### ABSTRACT

This work was carried out in a tile ceramic company working with the wet milling process. The main objective was to evaluate the variations in the spray-dried powder transported vertically using compressed air. The particle size distribution, moisture and fluidity of the spray-dried powder were evaluated. The granule morphology was evaluated by scanning electron microscope. The main concern was the spray-dried powder fluidity, which in turn can impair the loading of the press, causing compaction fluctuations and thereby geometrical and size variations in the pressed samples. The results show that the vertical transportation by compressed air significantly impairs the fluidity of the spray-dried powder, reduce the moisture and change the sphericity of the granules.

Key-words: spray-dried powder, flow, pressing.