

## Influência do Teor de Umidade das Matérias-Primas no Tempo de Escoamento das Barbotinas

Vitor de Souza Nandi<sup>a,b,c</sup>, Carlos Alberto Vicente<sup>a</sup>, André Luiz da Silva<sup>a,c</sup>,  
Oscar Rubem Klegues Montedo<sup>b\*</sup>, Antonio Pedro Novaes de Oliveira<sup>c,d</sup>

<sup>a</sup>Cerâmica Ceusa Ltda, Urussanga, SC, Brasil

<sup>b</sup>Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, SC, Brasil

<sup>c</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PGMAT,  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

<sup>d</sup>Departamento de Engenharia Mecânica – EMC, Núcleo de Materiais Cerâmicos e Vítreos – CERMAT,  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

\*e-mail: oscar.rkm@gmail.com

**Resumo:** A moagem a úmido de argilas requer um controle criterioso das características e propriedades das matérias-primas e aditivos utilizados. As matérias-primas não beneficiadas (argilas, feldspatos, etc.) podem apresentar variações nos seus teores de umidade, o que pode causar modificações reológicas nas barbotinas obtidas. De fato, quando não se conhece a umidade contida nas matérias-primas, o controle da umidade acaba não existindo rigorosamente, já que é necessária a adição de água à carga do moinho para a moagem das mesmas. No entanto, o controle adequado desta etapa de processamento garante menor variabilidade do processo, permitindo melhor prensabilidade do pó atomizado e controle dimensional, dentre outros aspectos. Assim, este artigo reporta os principais aspectos relacionados aos testes que normalmente são realizados para uma preparação adequada de suspensões cerâmicas obtidas por moagem a úmido, considerando, em particular, a influência da variação de umidade das matérias-primas no comportamento reológico das barbotinas obtidas. Os resultados mostram que se for mantida constante as características das matérias-primas em relação à umidade, não serão observadas variações significativas no tempo de escoamento das barbotinas.

**Palavras-chave:** moagem, reologia, umidade de matérias-primas, tempo de escoamento.

### 1. Introdução

O processo cerâmico começa com a seleção das matérias-primas que devem fazer parte da composição da massa, composta fundamentalmente de argilas, feldspatos, quartzo, carbonatos e caulins<sup>1</sup>. Na Cerâmica Ceusa Ltda, as matérias-primas são utilizadas na forma como são extraídas de uma mina ou jazida e por isso apresentam heterogeneidades, as quais podem ser verificadas por avaliação de suas composições químicas e de algumas propriedades típicas. Desta forma, as matérias-primas utilizadas, neste caso, devem passar por uma homogeneização prévia, que assegure a uniformidade das características de cada lote de matéria-prima<sup>2</sup>.

A mistura das matérias-primas, segundo uma formulação bem definida, também exige adequada etapa de homogeneização, que pode ser realizada por processamento a seco ou a úmido. O material resultante da moagem apresenta, portanto, características diferentes de acordo com o processo realizado. No processo via seca se produz basicamente uma fragmentação, sendo os tamanhos de partículas resultantes (com diâmetros maiores que 300 µm) superiores aos obtidos por via úmida, os quais são normalmente menores que 200 µm<sup>3-5</sup>. Além disso, no processo por via úmida a mistura apresenta maior uniformidade, melhor distribuição granulométrica e, após granulação (por atomização), melhor escoabilidade do pó e, conseqüentemente, melhor prensabilidade.

A escolha do tipo de processo de moagem utilizado implica em considerar principalmente o fator econômico, ainda que praticamente 95% dos novos investimentos estejam concentrados no processo por via úmida<sup>3</sup>.

Independentemente do processo de moagem utilizado para a fabricação de qualquer produto cerâmico, se parte da mistura das

matérias-primas que é submetida a diversas transformações físicas e químicas, a fim de se alcançar as propriedades requeridas para um produto acabado<sup>4</sup>.

Geralmente, as barbotinas cerâmicas apresentam um comportamento reológico que as caracterizam como sistemas não newtonianos, com características compreendidas entre fluidos plásticos e pseudoplásticos do tipo tixotrópico. Tanto a tixotropia como a pseudoplasticidade são propriedades não desejadas para uma moagem adequada e obtenção de barbotinas cerâmicas para cerâmica de revestimento<sup>3,4</sup>. Para evitar estes tipos de comportamentos reológicos das barbotinas, deve-se considerar principalmente<sup>2,3</sup>:

- a(s) proporção(ões) e o(s) tipo(s) de argila(s) utilizada(s) (formulação e suas composições químicas);
- a composição química da água de moagem, dos defloculantes e dos ligantes utilizados no processo; e
- o controle de moagem (granulometria dos materiais que compõem a barbotina e, assim, a massa cerâmica).

Neste contexto, este artigo reporta resultados de um trabalho que considera a influência do teor de umidade de argilas industriais na viscosidade, em termos de tempo de escoamento, das barbotinas obtidas, com o objetivo de definir parâmetros de processamento que permitam a obtenção de massas cerâmicas com propriedades otimizadas para a fabricação de cerâmicas de revestimento.

### 2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram empregadas as seguintes matérias-primas: Argila 1, Argila 2, Argila 3, Argila 4, Caulim, Feldspato KKS e Talco, cujas composições químicas

**Tabela 1.** Composições químicas das matérias-primas analisadas.

Matérias-primas	Óxidos constituintes											
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Li <sub>2</sub> O	P.F.
Argila 1	27,24	8,13	0,97	0,90	0,67	-	2,94	-	50,84	0,13	-	8,11
Argila 2	31,0	0,78	1,86	1,65	1,30	0,09	0,57	0,01	52,4	0,17	-	10,1
Argila 3	15,0	0,10	1,50	3,10	0,67	0,01	0,09	0,05	75,0	0,67	-	3,75
Argila 4	24,8	0,05	1,58	0,52	0,39	0,01	0,03	0,05	60,6	2,42	-	9,52
Talco	2,15	0,22	1,17	0,14	16,5	-	0,01	-	75,78	0,15	-	3,80
Caulim	19,6	0,16	0,73	3,94	0,07	0,01	1,61	0,01	69,1	0,15	-	4,74
Feldspato CKS	15,7	0,70	0,93	2,20	0,29	0,13	4,37	0,10	73,7	0,09	0,87	0,91

**Tabela 2.** Teores de carbonato e da fase talco da Argila 1 e do Talco.

Amostra	Teor de carbonato (%)	Teor de fase talco (%)
Argila 1	8,1	-
Talco	-	43,2

**Tabela 3.** Valores de densidade e resíduo para cada carga.

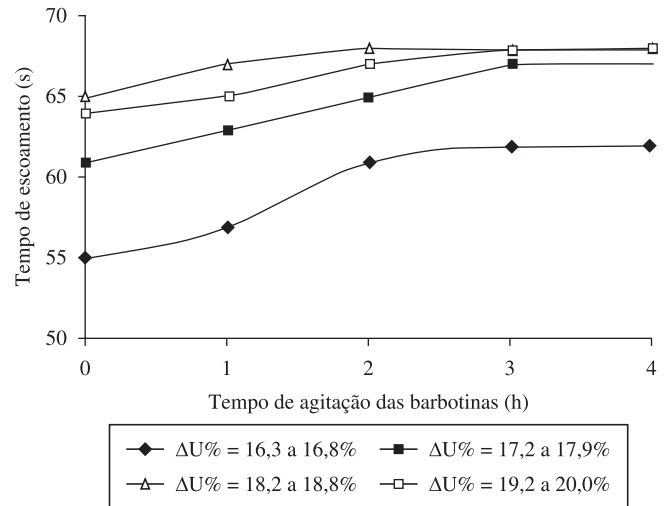
Cargas	Faixa de umidade (%)	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	Resíduo (%)
1	16,3-16,8	1,62	4,7
2	17,2-17,9	1,63	4,7
3	18,2-18,8	1,63	4,9
4	19,2-20,0	1,63	4,8

(espectrômetro de fluorescência de raio-X modelo Philips PW 2400) e o percentual de lítio no Feldspato CKS (por espectrometria de absorção atômica em chama UNICAM modelo Solar 969) são mostradas na Tabela 1.

Para se determinar os teores de carbonato e da fase talco nas matérias-primas Argila 1 e Talco (Tabela 2), respectivamente, análises termogravimétricas, em atmosfera oxidante (ar) a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min, foram realizadas em um equipamento Netzsch (STA 409EP). Subsequentemente foram preparadas quatro cargas de matérias-primas (7.500 kg cada) contendo argilas com diferentes teores (percentuais em massa) de umidade:

- Carga 1: Argilas com umidade entre 16,3 e 16,8% em massa;
- Carga 2: Argilas com umidade entre 17,2 e 17,9% em massa;
- Carga 3: Argilas com umidade entre 18,2 e 18,8% em massa;
- Carga 4: Argilas com umidade entre 19,2 e 20,0% em massa.

As cargas preparadas foram todas moídas em um mesmo moinho descontínuo (revestido em alumina e contendo bolas de alumina) com capacidade de 11.400 L (carga em base seca de 7.500 kg). A cada carga foi acrescentada a quantidade de água necessária para se obter densidade compreendida entre 1,61 e 1,64 g.cm<sup>-3</sup>. Todas as cargas foram moídas por 6 horas. As barbotinas obtidas após processo de moagem foram caracterizadas do ponto de vista de suas densidades, por meio de picnômetro (Servitech de 100 mL), viscosidades em termos de tempo de escoamento (Copo Ford nº 4 Servitech) e resíduos (peneira com malha 200 mesh). Para avaliar a variação da viscosidade em função do tempo de moagem, a cada 2 horas foram retiradas amostras para medidas do tempo de escoamento das barbotinas obtidas. Ao término das moagens, foram realizadas medidas ulteriores de viscosidade em intervalo de tempo compreendido entre 1 e 4 horas, matendo-se as barbotinas sob agitação constante com 6 rpm em agitador Cardall modelo TT.



**Figura 1.** Variação da viscosidade (tempo de escoamento) das barbotinas em função do tempo de agitação para diferentes teores de umidade das argilas.

### 3. Resultados e Discussão

A Tabela 3 mostra os resultados de densidade das barbotinas preparadas com argilas contendo diferentes teores de umidade. Na Cerâmica Ceusa Ltda, o valor da densidade padrão varia entre 1,61 e 1,64 g.cm<sup>-3</sup>, sendo desejável sempre o valor mais elevado desta faixa para um processo mais econômico de atomização. Na Tabela 3 pode-se observar ainda que a água de moagem para corrigir as variações de umidade das argilas foi adicionada adequadamente, já que a variação de densidade foi bem pequena e os valores estão dentro da faixa desejável. Além disso, a variação do resíduo de moagem também foi pequena e dentro da faixa padrão da Cerâmica Ceusa Ltda (4,5-5,0%).

Entretanto, um efeito pronunciado da umidade inicial das argilas no tempo de escoamento das respectivas barbotinas foi observado, conforme mostrado na Figura 1.

Três pontos podem ser destacados na Figura 1:

- em todos os casos, o tempo de escoamento ficou dentro da faixa padrão da Cerâmica Ceusa Ltda (50 a 70 segundos com o Copo Ford nº 4). Entretanto, o valor máximo de tempo de escoamento, para cada barbotina testada, foi alcançado após cerca de 2,5 horas de agitação;
- quanto maior a umidade inicial, maior é o tempo de escoamento, ou seja, quanto maior a quantidade de água contida nas argilas, menor é o volume de água adicionada nas cargas. Isto significa que a água contida nas argilas não tem o mesmo efeito sobre a reologia da barbotina que a água adicionada à carga na moagem. Assim, conforme mostrado na Figura 1, quanto menor a quantidade de água adicionada à carga, maior

é o tempo de escoamento. Isto é indesejável, já que resulta em aumento do consumo energético da bomba, redução de sua vida útil e menor produtividade do atomizador. Além disso, barbotinas com tempo de escoamento mais elevados, mesmo dentro da faixa padrão, poderiam requerer quantidades maiores de defloculantes. Assim, menores teores de umidade inicial das argilas permitiriam obter-se menores custos de produção dos pós atomizados;

- iii) menor variação do tempo de escoamento entre os valores referentes ao término da moagem e após 4 horas de agitação, foi alcançado para cargas com argilas contendo maiores teores de umidade. Neste caso, a utilização de argilas mais úmidas seria melhor, pois as barbotinas resultantes poderiam ser bombeadas e atomizadas em tempos mais curtos. Entretanto, este aparente ganho é muito pequeno em relação às vantagens apresentadas no item anterior.

Por outro lado, é possível que as argilas com maior umidade inicial necessitem de maior energia térmica no atomizador para atingir a mesma umidade final do pó atomizado em relação às argilas com menor teor inicial de água. Entretanto, a prensabilidade das primeiras poderia ser melhor. Estas suposições precisariam ser testadas.

#### 4. Conclusões e Considerações Finais

Após a análise dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a) em todos os experimentos, o tempo de escoamento das barbotinas obtidas esteve dentro da faixa padrão, considerando que em todas as cargas a quantidade total de água (água contida nas matérias-primas mais a água adicionada) era a mesma;
- b) quanto menor o percentual de umidade das argilas, menor o tempo de escoamento das respectivas barbotinas, já que a quantidade de água adicionada à carga é menor;

- c) todas as barbotinas atingiram o valor máximo do tempo de escoamento após cerca de 2,5 horas de agitação. Menor variação de tempo de escoamento da barbotina entre o instante logo após a descarga do moinho e após cerca de 2,5 horas foi alcançado para barbotinas obtidas a partir de argilas com umidades iniciais maiores;
- d) barbotinas produzidas a partir de argilas com menores teores de umidade inicial podem levar a uma maior eficiência energética do processo e, conseqüentemente, a um menor custo operacional ainda que neste trabalho, os efeitos deste parâmetro na secagem da barbotina (atomização) e na prensabilidade do pó atomizado obtido não tenham sido avaliados.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à Cerâmica Ceusa Ltda pelo apoio dispensado ao desenvolvimento deste trabalho.

#### Referências

1. BARBA, A.; FÉLIU, C.; GARCIA, J. **Matérias-primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas**. 2. ed. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica, 2002. p. 354-356.
2. MENEZES, R. R.; SEGADÃES, A. M. **Cerâmica**. 2003. p. 81.
3. MACHADO, R. W. **Apostila do curso de Preparação de Massa e Atomização**. Urussanga, 2003. 19 p.
4. ALINE, B.; ANDRE, S. F.; AUSGUTO, W. Influência do resíduo in natura das matérias-primas, carga de bolas e resíduo final no tempo de moagem via úmida em moinhos de bolas. **Cerâmica Industrial**, v. 12, n. 6, 2007.
5. BRISTOT, V. M. **Máquinas e equipamentos para cerâmica**. Criciúma: Ed. Luana, 1996. 353 p.