

Influência da Razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do Silicato de Sódio na Defloculação de Suspensões Aquosas Empregadas na Conformação por Colagem de Barbotinas

Marcelo Link^a, Saulo Roca Bragança^a, Carlos Pérez Bergmann^{a*}

^aPrograma de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Osvaldo Aranha, 99, CEP 90035-190, Porto Alegre - RS, Brasil

*e-mail: cpetter@ufrgs.br

Resumo: O silicato de sódio é um aditivo largamente utilizado na indústria cerâmica, sendo empregado como defloculante em barbotinas no processo de conformação por colagem. A razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ é uma das características do silicato de sódio. Este trabalho apresenta um estudo comparativo entre quatro silicatos de sódio, distintos entre si pela razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, empregados como defloculante em suspensões de argila e caulim (em separado) e em uma massa cerâmica constituída dos mesmos argila e caulim, com o acréscimo de um feldspato. As suspensões foram caracterizadas quanto à variação da viscosidade e do pH em função do teor de defloculante empregado, e na formação de espessura de parede pelo Teste Baroid e pela colagem em molde de gesso. Os resultados apontaram uma forte influência da relação $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ na defloculação de argilas e da massa cerâmica e pouca influência na defloculação do caulim. Com o aumento da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, foi possível constatar um aumento de pH, uma redução da viscosidade mínima aparente e um acréscimo na espessura de parede, o que favoreceria o processo de fabricação, com possíveis ganhos em produtividade.

Palavras-chave: argilas, barbotina, defloculação, silicato de sódio, comportamento reológico.

1. Introdução

A indústria cerâmica em geral faz uso de aditivos que se destinam aos mais variados fins e objetivos: melhorar características das matérias-primas, viabilizar e aprimorar condições de processamento, obter ganhos de produtividade.

No preparo de barbotinas para a conformação por colagem de peças cerâmicas, o comportamento reológico de suspensões apresenta forte dependência de fatores como pH, quantidade de defloculante e concentração de sólido. Os fenômenos físico-químicos de superfície e a interface sólido-líquido desempenham um papel importante no processamento cerâmico, pois sistemas particulados possuem elevada área superficial específica, sendo que a adsorção e distribuição de espécies químicas na superfície podem alterar variáveis do processo e, portanto, a microestrutura final do produto cerâmico¹.

O processo de colagem de barbotina envolve, em pelo menos uma de suas etapas, a obtenção de um fluido constituído por uma mistura de pós em água, tornando o controle reológico e o controle das propriedades que influenciam a reologia do sistema uma ferramenta indispensável. Para isso, o uso de aditivos torna-se hoje em dia cada vez mais importante e indispensável.

Entre os aditivos utilizados, os defloculantes são largamente utilizados na indústria cerâmica com o objetivo de controlar a viscosidade aparente de barbotinas no processo de fabricação por colagem a fim de conferir fluidez às suspensões, mesmo com alta concentração de sólidos.

O defloculante é uma substância que, adicionada à suspensão aquosa, tem a capacidade de impedir a aglomeração das partículas coloidais e, por consequência, a sua precipitação. O mercado oferece atualmente uma vasta gama de defloculantes, com as mais diversas características. Entre os defloculantes largamente empregados na indústria de cerâmica branca está o silicato de sódio, objeto de estudo do presente trabalho. Este defloculante atua através de um mecanismo eletrostático e, segundo a literatura², conteúdos elevados de hidróxido de sódio na sua composição podem trazer efeitos indesejados ao processo produtivo, como por exemplo, diminuição da plasticidade

e consistência quebradiça da massa produzida com um silicato de sódio de reduzida razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$.

A composição química de silicatos solúveis pode ser identificada pela fórmula $(\text{SiO}_2) \times (M_2\text{O})$ onde M é um metal alcalino, usualmente sódio ou potássio. Geralmente, os silicatos são identificados pela razão $\text{SiO}_2/M_2\text{O}$. Como os pesos molares do SiO_2 e do Na_2O são praticamente equivalentes (60 e 62, respectivamente), há apenas uma pequena diferença entre a razão molar e a razão de peso para um dado silicato de sódio. O fator usado para conversão da razão de peso para razão molar para o silicato de sódio é 1,033 da razão de peso. A indústria expressa a razão em relação ao peso³.

A pesquisa envolvendo o silicato de sódio como defloculante cerâmico constitui a base do presente trabalho, buscando subsídios para o entendimento do seu comportamento de acordo com suas características específicas, destacando a razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, e correlacionando esta propriedade com o comportamento reológico das suspensões cerâmicas. É neste contexto que se insere o presente trabalho.

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

Para a investigação do efeito da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio, foram utilizados quatro silicatos comerciais com diferentes razões $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, conforme Tabela 1, fornecidos pela empresa Manchester Química.

As matérias-primas utilizadas na investigação foram uma argila plástica, um caulim e um feldspato potássico. A argila e o caulim foram também testados separadamente com cada silicato de sódio. A massa cerâmica foi preparada de acordo com a formulação da Tabela 2, incorporando a argila, o caulim e o feldspato. A Tabela 3 apresenta a análise granulométrica da argila, do caulim e da massa cerâmica investigados, obtida em granulômetro a laser (modelo Cilas 1180).

Tabela 1. Características dos silicatos de sódio utilizados no estudo.

Material	Silicato de sódio 1	Silicato de sódio 2	Silicato de sódio 3	Silicato de sódio 4
Razão SiO ₂ /Na ₂ O	0,89	2,10	2,43	3,21
Óxido de sódio (%)	28,62	15,07	12,2	8,24
Óxido de silício (%)	25,48	31,69	29,64	26,46
Densidade picnômetro (g/cm ³)	1,320	1,370	1,370	1,372

Tabela 2. Formulação da massa cerâmica empregada neste trabalho.

Matéria-prima	% em massa
Argila	30
Caulim	25
Feldspato	45

Tabela 3. Análise granulométrica da argila, do caulim e da massa cerâmica investigados.

(μ m)	Argila	Caulim	Massa cerâmica
D ₁₀	0,93	1,59	1,04
D ₅₀	4,29	7,63	5,69
D ₉₀	13,55	19,34	16,77
Diâmetro médio	5,85	9,27	7,38

2.2. Métodos

2.2.1. Curva de deflocação

A ação defloculante do silicato de sódio com diferentes razão SiO₂/Na₂O foi avaliada por curva de deflocação, ou seja, pelo comportamento da viscosidade aparente da suspensão em função da adição de defloculante em volume (mL) por 100 g/massa seca até atingir o ponto de viscosidade mínima aparente⁴. A viscosidade foi determinada com um viscosímetro Brookfield modelo LVT.

Além das curvas de deflocação da barbotina, foi avaliado o efeito do pH na deflocação da argila. Na avaliação da argila, foi investigada também a variação da retração linear antes da queima em função da retenção de água após o emprego dos diferentes silicatos para a obtenção da viscosidade mínima aparente.

Para determinação das velocidades de deposição da massa cerâmica, foram utilizados dois métodos: filtro prensa (Teste Baroid) e um molde de gesso de laboratório. No Teste Baroid, a espessura foi determinada submetendo a suspensão durante 20 minutos de filtro prensa no estágio de viscosidade mínima e um peso específico de 1775 \pm 2 g/L. No teste de molde de gesso, a suspensão cerâmica nas mesmas condições foi vertida no molde e mantida durante 16 minutos até a drenagem e, então, verificada a espessura da parede com auxílio de um paquímetro. As suspensões utilizadas para o teste foram as que obtiveram máxima deflocação, determinadas através da curva de deflocação descrita anteriormente.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para as suspensões de argila e caulim, em separado, e da massa cerâmica, utilizando defloculantes de silicato de sódio com razão SiO₂/Na₂O distintas são apresentados a seguir.

3.1. Suspensão de argila

A Figura 1 apresenta as curvas de deflocação obtidas na caracterização da argila utilizando os quatro silicatos de sódio avaliados no estudo, pelas quais é possível verificar uma diferença de comportamento em função da razão SiO₂/Na₂O. Nota-se que o silicato de sódio com a razão SiO₂/Na₂O 3,21 conferiu à curva de deflocação da argila uma viscosidade aparente mais elevada quando comparado aos 3 outros silicatos.

As viscosidades iniciais obtidas seguiram uma ordem crescente em relação ao aumento da razão SiO₂/Na₂O. O silicato de sódio 3,21

obteve viscosidade mínima (538 cP) mais elevada em relação aos demais silicatos. O silicato 2,43 obteve uma viscosidade mínima intermediária (293 cP). O silicato de sódio 2,10 apresentou uma viscosidade mínima de (260 cP). Já o silicato de sódio com razão SiO₂/Na₂O 0,89 provocou uma viscosidade mínima aparente mais baixa entre todos os silicatos testados (195 cP).

A variação do pH das suspensões em função do teor da adição e da razão SiO₂/Na₂O do silicato de sódio utilizado como defloculante pode ser verificado na Figura 2, onde foi observado um aumento do pH nas suspensões à medida que foi diminuída a razão SiO₂/Na₂O do silicato de sódio, até ser atingido o ponto de viscosidade mínima para cada suspensão de argila.

A argila utilizada no presente trabalho apresentou um pH de 5,40 quando em suspensão com água sem adição de defloculantes. Isso está condizente com uma característica de argilas plásticas de cor de queima branca de possuírem teores consideráveis de matéria orgânica, em geral, ácidos húmicos, que conferem a argila um caráter levemente ácido quando em suspensão.

Os valores de pH das suspensões de argilas com silicatos de sódio com diferentes razões SiO₂/Na₂O mostram uma correlação direta com o caráter básico deste defloculante. À medida que a razão SiO₂/Na₂O diminui, há um aumento na alcalinidade do silicato de sódio (Figura 2), sendo, portanto, o valor mais alto de pH na viscosidade mínima obtido pelo silicato de sódio de razão SiO₂/Na₂O mais baixa (0,89). Isso pode ser associado à intensidade das cargas eletrostáticas e seu efeito na repulsão das partículas, fenômeno intensificado pelo aumento de pH.

A relação entre a razão SiO₂/Na₂O do silicato de sódio e a formação de parede segundo o Teste Baroid é apresentada na Figura 3. Pode-se constatar que à medida que a razão SiO₂/Na₂O do defloculante aumenta, maior a espessura de parede formada.

Os resultados dos testes de retração linear, apresentados na Figura 4, também mostraram um aumento à medida que foi incrementada a razão SiO₂/Na₂O do silicato de sódio.

3.2. Suspensão de caulim

A Figura 5 apresenta a variação da viscosidade de uma suspensão de caulim em função da razão SiO₂/Na₂O do silicato de sódio empregado como defloculante.

Pelas curvas de deflocação da Figura 5, nota-se que à medida que a razão SiO₂/Na₂O diminui, é necessária uma maior adição de defloculante para redução da viscosidades aparente, até próximo do ponto mínimo. Nesse ponto, três silicatos de sódio apresentaram valores muito próximos, sendo que apenas o silicato de sódio com razão SiO₂/Na₂O de 0,89 apresentou viscosidade mínima mais elevada (27 cP) em relação aos demais (20 cP para o silicato 3,21; 18 cP para o silicato 2,43; 18 cP para o silicato 2,10).

Os resultados obtidos no Teste Baroid de formação da espessura de parede (Figura 6) para o caulim testado no ponto de viscosidade mínima mostraram um comportamento similar entre os diferentes silicatos de sódio, sem diferenças significativas neste parâmetro.

3.3. Suspensão de massa cerâmica

As curvas de deflocação realizadas para a massa cerâmica, formada pela argila, caulim e feldspato, são apresentadas na Figura 7.

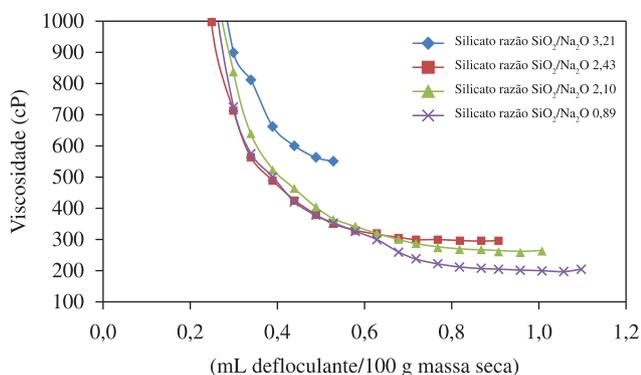


Figura 1. Curva de defloculação da argila em função do teor da adição e da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio utilizado como defloculante.

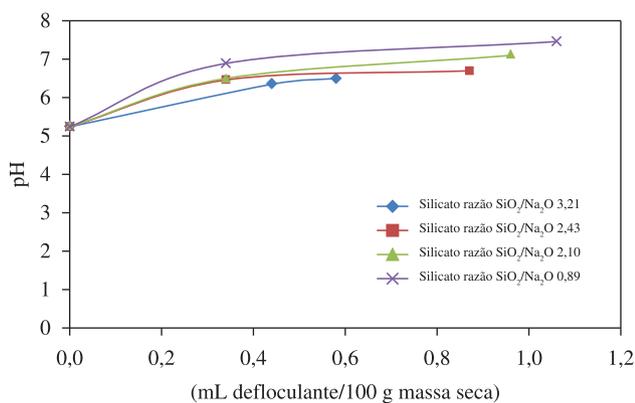


Figura 2. Variação do pH das suspensões de argila em função do teor da adição e da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio utilizado como defloculante.

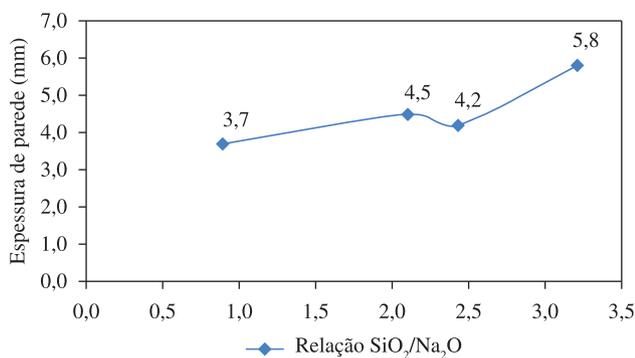


Figura 3. Teste de formação de espessura de parede (Teste Baroid) para a argila em função da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio utilizado como defloculante.

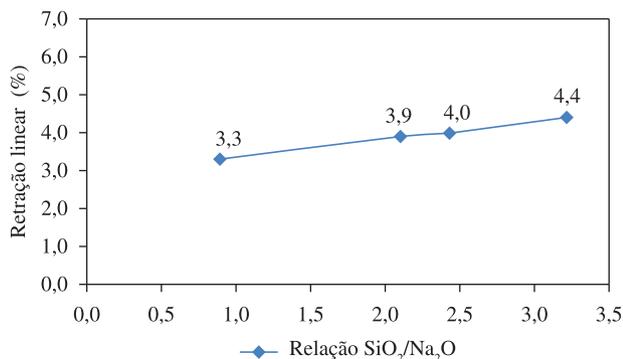


Figura 4. Teste de retração linear para a argila em função da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio utilizado como defloculante.

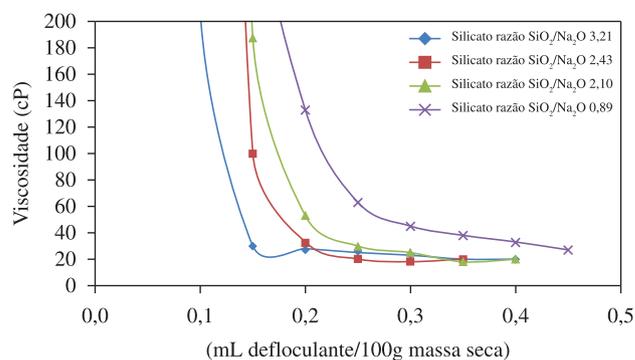


Figura 5. Curva de defloculação do caulim em função da adição de silicato de sódio e da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio utilizado como defloculante.

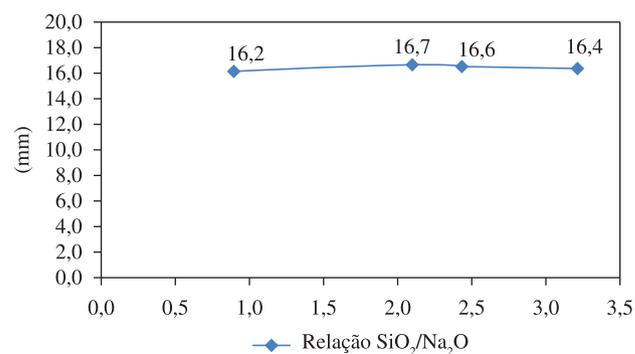


Figura 6. Teste de formação de espessura de parede (Teste Baroid) para o caulim em função da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio utilizado como defloculante.

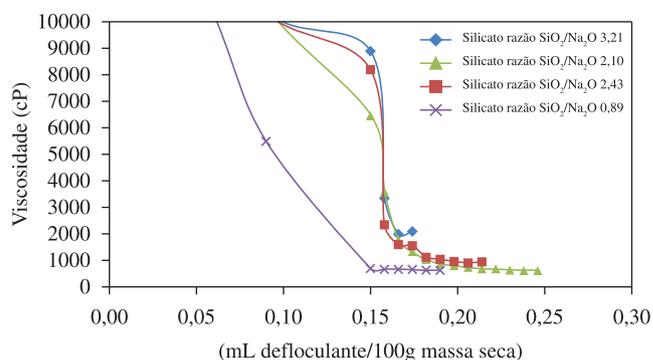


Figura 7. Curva de defloculação da massa cerâmica (argila, caulim e feldspato) em função do teor da adição e da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio utilizado como defloculante.

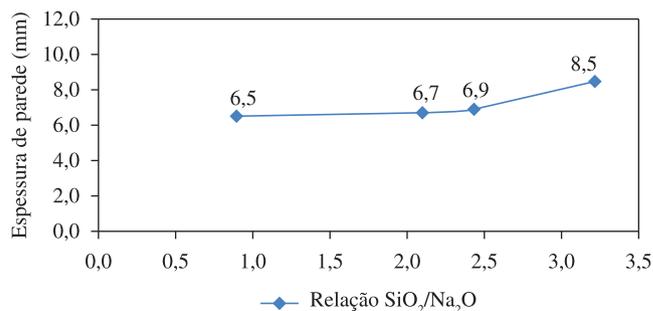


Figura 8. Teste de formação de espessura de parede (Teste Baroid) para a massa cerâmica (argila, caulim e feldspato) em função da razão $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ do silicato de sódio utilizado como defloculante.

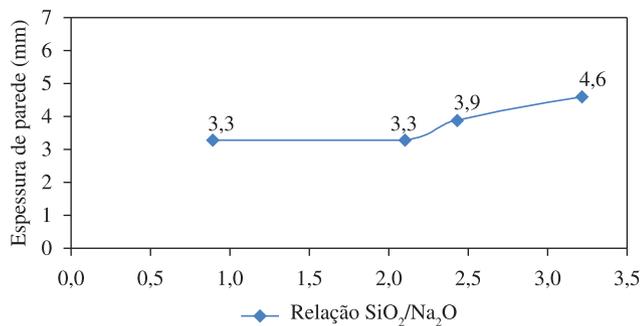


Figura 9. Teste de formação de espessura de parede em molde de gesso para a massa cerâmica (argila, caulim e feldspato) em função da razão SiO₂/Na₂O do silicato de sódio utilizado como defloculante.

O silicato de sódio 3,21 resultou em um valor de viscosidade mínima muito elevada, repetindo o comportamento verificado no teste apenas com a argila. Para o emprego deste silicato de sódio no processo de colagem seria necessária uma redução do teor de sólidos, para o ajuste da viscosidade. Os demais silicatos apresentaram viscosidades decrescentes com a diminuição da razão SiO₂/Na₂O, indicando comportamento similar ao verificado no teste individual da argila. Já o silicato de sódio 0,89 apresentou uma defloculação inicial excessiva, se comparado aos demais silicatos de sódio.

O ensaio de formação de espessura de parede pelo Teste Baroid da suspensão com viscosidade mínima apresentou um comportamento similar ao verificado na caracterização da suspensão de argila, com a diminuição da velocidade de deposição ocorrendo à medida que a razão de SiO₂/Na₂O foi decrescendo. Os resultados podem ser visualizados nas Figuras 8 e 9, que apresentam respectivamente a formação de espessura de parede no Teste Baroide e no ensaio utilizando molde de gesso.

4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos, é possível inferir as seguintes conclusões:

- Há uma forte influência da razão SiO₂/Na₂O do silicato de sódio empregado na defloculação da suspensão com argila, pouca influência na defloculação da suspensão de caulim e uma forte

influência na defloculação da massa cerâmica. Isso evidencia que as argilas exercem papel preponderante na reologia das massas cerâmicas, possivelmente devido a sua maior área superficial específica⁵, se comparada com a do caulim. Através da análise granulométrica realizada foi possível evidenciar esta influência da área superficial específica já que a argila possui diâmetro médio de partícula inferior ao caulim. Também, em relação à argila, foi possível constatar uma relação entre o aumento de pH e a redução da viscosidade mínima aparente;

- O silicato de sódio com razão SiO₂/Na₂O 2,43 apresentou a melhor relação entre os parâmetros viscosidade e velocidade de deposição entre os silicatos de sódio testados. Este silicato apresentou uma viscosidade compatível com o processo se comparado com o silicato de sódio 3,21 que apresentou a viscosidade mais alta e, além disso, uma maior velocidade de deposição em relação aos silicatos de sódio 2,10 e 0,89; e
- À medida que aumenta a razão SiO₂/Na₂O do silicato de sódio, há um acréscimo de viscosidade na barbotina que pode ser prejudicial para o processo de colagem, por exemplo, em virtude de um escoamento do fluido mais deficiente. Em contrapartida, com o aumento da razão SiO₂/Na₂O, tem-se um acréscimo na formação de espessura de parede, o que beneficiaria o processo de fabricação, pois uma barbotina plástica acarreta em melhor trabalhabilidade no estágio cru e conseqüente redução de defeitos e uma maior velocidade de deposição, com uma conseqüente redução de tempo de processo e ganho de produtividade daí decorrente.

Referências

1. REED, J. S. **Principles of Ceramics Processing**. 2nd ed. John Wiley & Sons, 1995. p. 150-151.
2. FUNK, J. E. **Understanding ceramic slips – part 3**. Ceramic Industry Magazine, 2006.
3. PQ CORPORATION. **Silicate chemistry**: sodium and potassium silicates. 2012. Boletim técnico. Disponível em: <www.pqcorp.com>. Acesso em: 03 set. 2012.
4. MORELLI, A. C.; BALDO, J. B. Um novo defloculante para barbotinas do triaxial cerâmico. **Cerâmica Industrial**, p. 30-34, maio/jun. 2004.
5. CARTY, W. M. The colloidal nature of kaolinite. In: CARTY, W. M.; SINTON, C. W. (Eds.). **Science of Whitewares II**. American Ceramic Society, 1998. p. 101.