

## ESTUDO DE DEFLOCULANTES NA REOLOGIA DE SUSPENSÕES DE GRÊS PORCELANATO.

Luiz Antônio Corrêa da Silva Neto (UEPG) [luiz.computercofc@gmail.com](mailto:luiz.computercofc@gmail.com)

Matheus de Oliveira Chila (UEPG) [matheuschila@hotmail.com](mailto:matheuschila@hotmail.com)

Carlos José Fernandes Granado (UEPG) [cgranado@uepg.br](mailto:cgranado@uepg.br)

Sidnei Antonio Pianaro (UEPG) [sap@uepg.br](mailto:sap@uepg.br)

**Resumo:** O porcelanato é um tipo de cerâmica de revestimento que se destaca por sua estética de superfície decorada, propriedades mecânicas, baixa absorção de água, e resistência ao ataque químico. Na sua produção, são utilizadas matérias primas como a argila e o feldspato. O feldspato é responsável pela formação das fases vítreas e líquida durante a queima, ele também desenvolve características como a baixa porosidade e alta resistência na peça cerâmica. Para a produção do porcelanato é produzida uma suspensão cerâmica, que contém os materiais necessários para que durante o processamento, se obtenha as propriedades desejadas. As suspensões do porcelanato são constituídas de argilominerais, defloculantes, plastificantes e outros elementos que garantem sua qualidade. Na produção do grêns de porcelanato, geralmente são utilizados defloculantes, para que ocorra a dispersão de partículas argilosas. A estabilização entre a argila e o defloculante, é determinado pelas forças de atração e repulsão das partículas de argila, o que depende das características físico-químicas entre elas. Portanto, esse trabalho, busca verificar por análise da reologia de suspensões, o comportamento da dispersão, e a variação das propriedades em uma suspensão de porcelanato, a partir da adição de diferentes tipos de defloculantes.

**Palavras-chave:** porcelanato, argila, defloculantes, reologia, estabilização.

## STUDY OF DEFLOCCULANTS ON THE RHEOLOGY OF PORCELAIN STONEWARE SUSPENSIONS

**Abstract:** Porcelain tile is a type of ceramic tile that stands out for its decorated surface aesthetics, mechanical properties, low water absorption, and resistance to chemical attack. In its production, raw materials such as clay and feldspar are used. Feldspar is responsible for the formation of the glass and liquid phases during firing, it also develops characteristics such as low porosity and high strength in the ceramic piece. For the production of porcelain, a ceramic suspension is produced, which contains the necessary materials so that during processing, the desired properties are obtained. Porcelain tile suspensions are made up of clay minerals, deflocculants, plasticizers and other elements that guarantee their quality. In the production of porcelain stoneware, deflocculants are generally used, so that the dispersion of clay particles occurs. The stabilization between the clay and the deflocculant is determined by the forces of attraction and repulsion of the clay particles, which depends on the physicochemical characteristics between them. Therefore, this work seeks to verify, by analyzing the rheology of suspensions, the behavior of the dispersion, and the variation of properties in a porcelain tile suspension, from the addition of different types of deflocculants.

**Keywords:** porcelain tile, clay, deflocculants, rheology, stabilization.

### 1. Introdução

Neste trabalho foi avaliado o comportamento e potencial de diferentes dispersantes em suspensões de porcelanato, comparando os resultados através de ensaios reológicos e mecânicos, com a determinação da concentração ótima de deflocculante. Para a produção do grêns de porcelanato, são usados materiais argilosos e materiais com propriedades reológicas como argilas, feldspatos, caulim, areia de quartzo ou feldspática, modificadores de fundência, como talco, dolomita e calcita (SANCHES, MENEGAZZO).

No porcelanato, as argilas são utilizadas com percentuais entre 35 e 40% em peso, elas são responsáveis pela plasticidade da massa de porcelanato. As argilas também conferem outras funções na fabricação do porcelanato, como apresentar cor clara depois da queima,

propriedades reológicas adequadas, características fundentes, boa densidade após a queima, e resistência mecânica durante a queima (MENEGAZZO).

O cristal primário do caulin é maior que o da argila, mas menor que os dos feldspatos e areias, isso ocasiona diferentes compactações no processamento, e um melhor empacotamento de partículas. O caulin é utilizado para aumentar a plasticidade e a coloração branca da massa de porcelanato.

Os feldspatos alcalinos, exercem a função de diminuir a temperatura de queima do grès porcelanato. Seu percentual na massa está entre 35 e 50%, sendo a matéria prima mais cara em comparação as outras. Características como fundência e baixas impurezas são essenciais para a seleção na hora de preparar a massa do porcelanato. Outra qualidade que se busca, são os feldspatos com cor de queima branca, que apresentam baixo teor de elementos cromóforos, que são grupos funcionais orgânicos que absorvem a luz na região ultravioleta. (MENEGAZZO, ALMEIDA).

Geralmente as areias de quartzo e feldspática são as matérias primas mais baratas na composição do grès porcelanato, a quantidade utilizada irá depender da qualidade e do tipo da argila e do feldspato utilizado na massa cerâmica.

A função da areia feldspática é gerar a fase vítreia de baixo custo, por isso, é analisado o uso dela para que se tenha conhecimento da qualidade do porcelanato. Já a função do quartzo é adequar a proporção entre  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , para que haja a formação de mulita durante a queima, e também regular a contração e deformação da peça de porcelanato (MRNEGAZZO).

O talco é composto por silicato hidratado de magnésio, pode ser encontrado na forma, maciça, laminar ou compacta, variando suas cores entre verde claro, cinza escuro ou branco. Apresenta dureza baixa, devido a presença de alteração de olivinas, piroxênios e anfibólios, geralmente encontrados em rochas metamórficas e ígneas (MENEGAZZO).

O filito pode substituir o feldspato na formulação da massa de porcelanato esmaltado, ele tem a função de fundente para reduzir significativamente a deformação piroplástica da massa.

A viscosidade é uma das principais propriedades reológicas presentes nas suspensões, ela escreve a sua capacidade de escoamento contínuo quando sujeito a uma tensão. Um impedimento ao escoamento contínuo pode ser apresentado na forma de uma partícula adicionada ao fluido, que fará com que as linhas de escoamento tendam a desviar da partícula, desse modo, a viscosidade da suspensão será elevada (ROCHA). A grande maioria das suspensões cerâmicas apresenta um comportamento não-newtoniano (SCHINDLER, SOLDATI).

O fenômeno de deflocação é definido como partículas sólidas dispersas em um líquido, onde se mantêm independentes após suas cargas negativas serem neutralizadas (SHIROMA). Na adição de partículas em um líquido, um problema recorrente é a aglomeração dessas partículas, que ocorre devido às atrações eletrostáticas, gerando um aumento na viscosidade da suspensão (DELAVI). Para solução desse problema, as forças de repulsão devem estar presentes em maior número, isso pode ser obtido através da implementação de cargas elétricas nas partículas ou da absorção de materiais que impedem mecanicamente a aproximação entre as partículas (OLIVEIRA). Os defloculantes mais utilizados em suspensões cerâmicas são os poliacrilatos, podendo ser de amônia ou sódio (OLIVEIRA).

Os porcelanatos em geral, possuem absorção de água entre 0 e 0,5%, sendo o grès porcelanato uma variação que também possui baixa absorção, porém variando entre 0,5 e 3%. É uma massa altamente compactada com boa resistência mecânica, pode ser brilhante

ou fosca, de acordo com sua aplicação. A grande vantagem do grêns é sua composição podendo ter maior variação em relação à outras massas cerâmicas. Esse produto se destaca pela alta resistência e por ser muito versátil, com propriedades específicas que superam as pedras naturais e outros tipos de revestimento (MELO).

## 2. Materiais e Métodos.

### 2.1 Materiais

A pesquisa foi conduzida utilizando os seguintes materiais: massa seca de grêns porcelanato, cedida pela empresa Incepa®. Três diferentes tipos de defloculantes: poliacrilato de amônio (composto por sal de amônio de ácido poliacrílico), poliacrilato de sódio (composto por ácido poliacrílico e hidróxido de sódio 25%) e Reoflux (poliacrilato de sódio comercial).

### 2.2 Métodos

Para preparo da suspensão utilizou-se água e agitador mecânico Quimis com regulagem manual. O processo de preparação da suspensão cerâmica iniciou-se com a pesagem de 650g de massa seca de grêns porcelanato. Em seguida, 500ml de água foram adicionados ao bêquer contendo a massa seca em pó, enquanto ocorria agitação no agitador mecânico durante o tempo de cinco minutos, para que a suspensão final apresentasse densidade de 1,3 g/cm<sup>3</sup>, valor adequado para a realização dos ensaios.

As propriedades reológicas da suspensão cerâmica foram determinadas a partir da análise feita em laboratório localizado no Departamento de Materiais (DEMA), no equipamento viscosímetro da marca Brookfield, modelo DVII. O equipamento fornece dados gráficos de viscosidade (cP) em função do tempo (s), sendo possível verificar o efeito dos defloculantes em comparação à suspensão somente com massa e água. A suspensão, foi mantida em agitação para a adição das gotas de defloculantes. Com a adição da primeira gota do defloculante, a suspensão foi agitada durante aproximadamente 5 minutos.

Foram preparadas quatro amostras distintas, cada uma utilizando um dispersante diferente: amostra 1 sem adição de defloculante, amostra 2 com poliacrilato de amônio, amostra 3 com poliacrilato de sódio e amostra 4 com Reoflux. Logo após foram levadas à estufa em uma temperatura de 110 °C por 48 horas, o que resultou em amostras sólidas, que necessitaram serem moídas no moinho martelo e peneiradas em uma malha mesh 40. Então adicionou-se 8% de água em relação ao peso total de cada massa, que depois foram mantidas em repouso por mais 48 horas. Pequenas amostras foram coletadas e peneiradas novamente na peneira com malha mesh 40 para serem ensaiadas. Para obtenção da curva de distribuição granulométrica das massas, foi utilizado o Granulômetro CILAS 920.

A obtenção da curva granulométrica das suspensões, se deu a partir do granulômetro CILAS 920 após o preparo das suspensões cerâmicas, que foi realizado adicionando a quantidade adequada de defloculante determinada pelo ensaio de viscosidade no viscosímetro Brookfield, em uma suspensão de grêns porcelanato com densidade de 1,3g/cm<sup>3</sup>.

A quantidade exata de massa necessária para cada amostra foi medida com precisão, no caso, 10 g. A massa para o ensaio foi preparada de acordo com os procedimentos já utilizados no ensaio de granulometria das massas de grêns porcelanato. O molde utilizado possui dimensões específicas de 6cm por 2cm. Essas dimensões são fundamentais para criar amostras padronizadas. Foram preparadas 43 amostras para cada suspensão com seu respectivo defloculante. Essas amostras foram secas em estufa por 12 h, seguidas de pesagem e medição para o cálculo da densidade.

Dos 43 corpos de prova preparados, 3 foram destinados ao ensaio de resistência mecânica à verde, sem o processo de queima. O restante foi sinterizado em forno a rolo no Laboratório CESTEC em Campo Largo-PR. Após a sinterização, realizou-se novamente a pesagem e

medições para calcular a densidade aparente da amostra queimada. Para o ensaio de flexão, utilizou-se o equipamento Autograph AG-1 da Shimadzu. Três conjuntos com 3 amostras foram preparados, sendo cada conjunto associado a um tipo de defloculante. O primeiro conjunto de amostras foi preparado com poliacrilato de amônio, o segundo com poliacrilato de sódio, e o terceiro com reoflux. A velocidade de deformação foi de 1 mm por minuto.

A partir dos resultados do ensaio de flexão sobre três pontos, foi possível fazer a análise da probabilidade de falhas das amostras preparadas, realizando os cálculos de distribuição e estatística de Weibull. A abordagem de análise de Weibull envolveu a coleta de dados realizando os ensaios de flexão em 30 corpos de prova para cada tipo de defloculante.

Foram obtidos os parâmetros de Weibull para os diferentes defloculantes, isso ajudou a entender como a adição de diferentes defloculantes em uma mesma composição afeta a distribuição de resistência à flexão.

Foi o aparelho de difração de raios X Rigaku ULTIMA IV do CLABMU-UEPG, para determinação de características físicas como a composição das fases, estrutura do cristal e orientação da amostra do atomizado de grêns porcelanato sem defloculante.

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Determinação dos pesos das gotas dos defloculantes

A tabela 1 mostra o peso obtido das gotas dos defloculantes medidos pela balança.

Tabela 1 - Peso das gotas de defloculantes (g)

Poliacrilato de amônio	Poliacrilato de sódio	Reoflux
0,0141	0,0335	0,337

Fonte: os autores

#### 3.2 Granulometria de suspensões

Na Figura 1 é apresentado a comparação dos perfis granulométricos das suspensões de grêns porcelanato, preparadas com a adição dos defloculantes e água. Na tabela estão presentes as principais informações sobre as amostras ensaiadas.

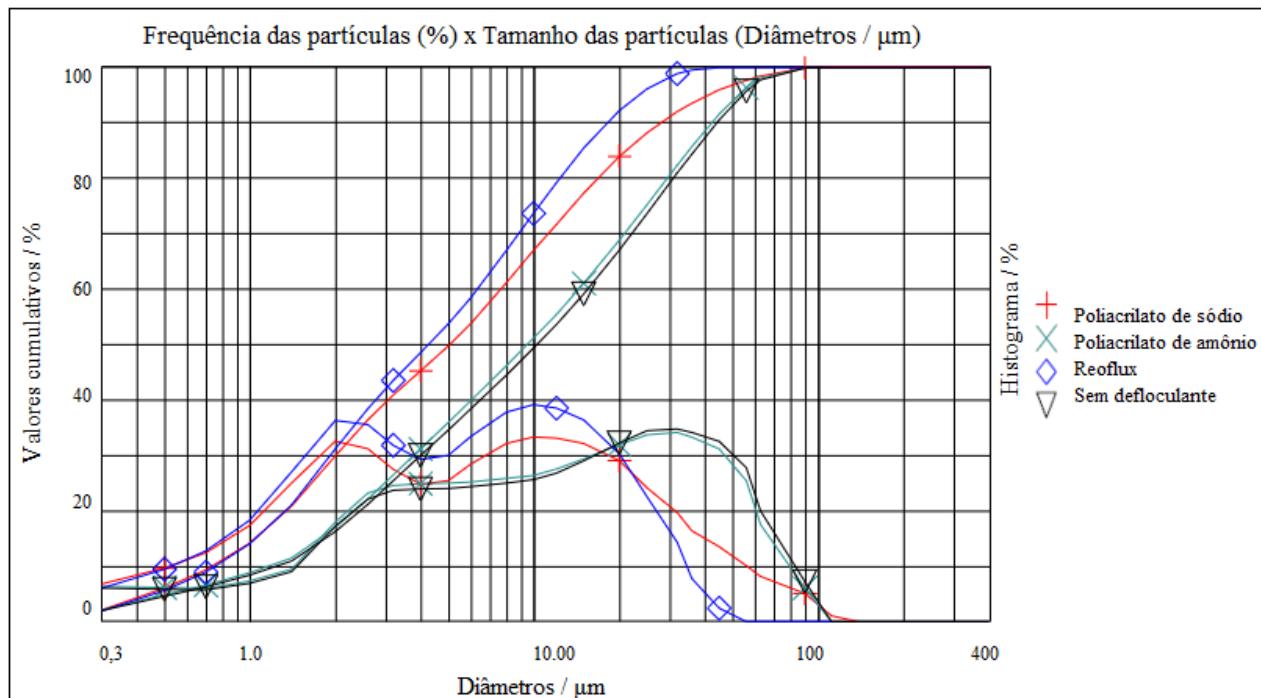


Figura 1 - Gráfico da comparação de granulometria com amostras de suspensões preparadas com H<sub>2</sub>O e Defloculantes. Fonte: os autores

A amostra que utilizou poliacrilato de amônio como dispersante, apresentou um tamanho médio de partículas de 16,34 μm. Esse resultado sugere que o poliacrilato de amônio foi eficaz na deflocação da suspensão, reduzindo o tamanho médio das partículas e contribuindo para a obtenção de uma suspensão mais homogênea. A amostra preparada com poliacrilato de sódio, demonstrou um tamanho médio de partículas ainda menor, atingindo 10,80 μm. O poliacrilato de sódio, neste caso, mostrou-se ainda mais eficiente na dispersão das partículas, resultando em uma suspensão com partículas significativamente menores em comparação com o poliacrilato de amônio.

A amostra sem a adição de defloculante, apresentou um tamanho médio de partículas de 17,19 μm. A ausência de um agente defloculante conduziu a uma suspensão com partículas maiores e possivelmente menos uniformes, o que pode afetar adversamente as propriedades do produto final. A amostra preparada com Reoflux, revelou um tamanho médio de partículas notavelmente menor, atingindo 7,24 μm. O Reoflux, como defloculante, mostrou-se altamente eficaz na obtenção de uma suspensão extremamente fina, indicando seu potencial para melhorar as características de processamento e desempenho do grès porcelanato. Em síntese, a escolha do defloculante desempenha um papel crucial na granulometria da suspensão de grès porcelanato, influenciando diretamente nas características do produto final. O uso de dispersantes químicos específicos, como poliacrilato de amônio, poliacrilato de sódio e Reoflux, pode ser estrategicamente empregado para controlar o tamanho das partículas na suspensão, impactando positivamente nas propriedades finais do grès porcelanato. Esses resultados são essenciais para orientar a formulação da suspensão, buscando otimizar suas propriedades físicas e estéticas.

### 3.3 Granulometria da massa seca de grès porcelanato

Na Figura 2 é apresentado a comparação dos perfis granulométricos das massas em pó de grès porcelanato, preparadas com e sem a adição de defloculantes, e posteriormente secas.

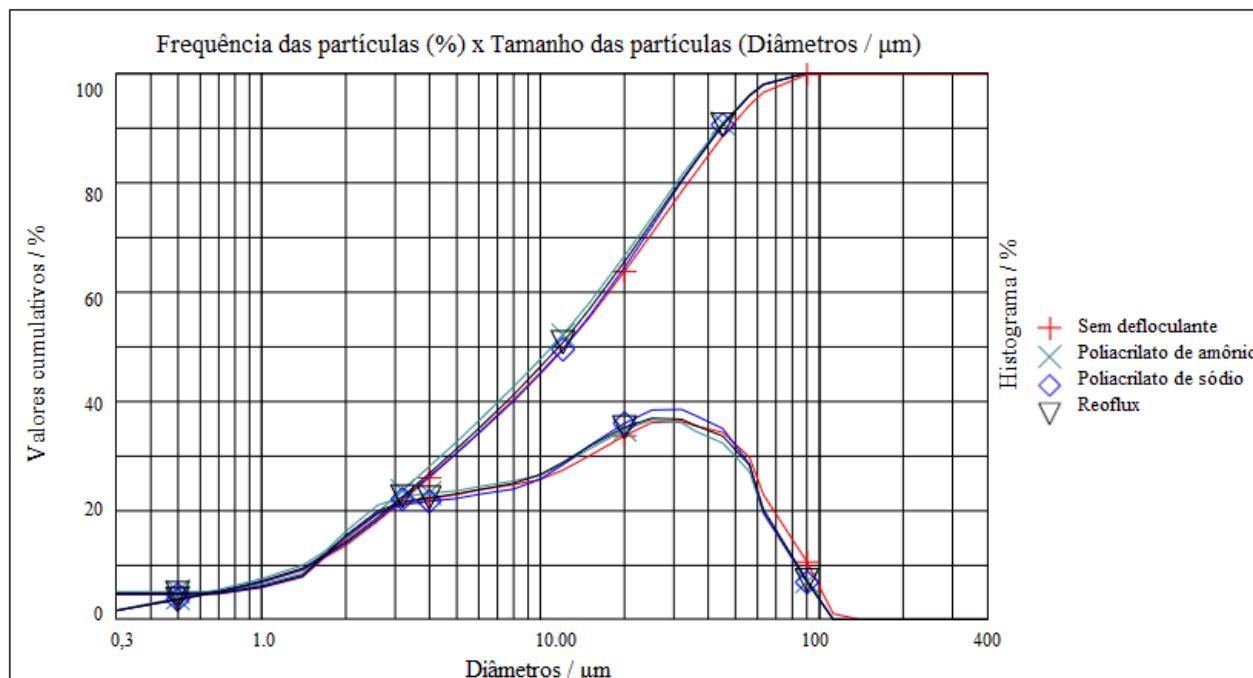


Figura 2 - Comparação da granulometria das amostras das massas preparadas com e sem os defloculantes.

Fonte: os autores

A amostra que utilizou poliacrilato de amônio como dispersante, apresentou um tamanho médio de partículas de 17,42  $\mu\text{m}$ . Este resultado sugere que o poliacrilato de amônio foi eficaz na obtenção de partículas mais desaglomeradas, o que pode impactar positivamente nas propriedades de acabamento e resistência do grès porcelanato. A amostra preparada com poliacrilato de sódio, demonstrou um tamanho médio de partículas ligeiramente maior, atingindo 18,15  $\mu\text{m}$ . Essa diferença em relação à amostra 2 pode ser atribuída às características específicas do dispersante utilizado, indicando que diferentes dispersantes podem influenciar a granulometria da massa de grès porcelanato de maneiras distintas.

A amostra que não utilizou dispersante, apenas preparada com água, apresentou um tamanho médio de partículas de 19,08  $\mu\text{m}$ . A água, por si só, tem limitações na redução do tamanho das partículas em comparação com dispersantes químicos especializados, como os poliacrilatos. Isso pode resultar em propriedades físicas e estéticas ligeiramente diferentes no produto final.

A amostra preparada com Reoflux, revelou um tamanho médio de partículas de 15,13  $\mu\text{m}$ . O uso de Reoflux como dispersante demonstra eficácia na obtenção de partículas ainda menores, indicando que este dispersante em particular pode ser uma escolha promissora para otimizar as características desejadas do grès porcelanato. A utilização de dispersantes químicos específicos, como poliacrilato de amônio e Reoflux, mostrou-se eficaz na obtenção de partículas finas, enquanto o uso de água resultou em um tamanho médio de partículas ligeiramente maior.

### 3.4 Análise de viscosidade no viscosímetro Brookfield

No gráfico da Figura 3 estão presentes os resultados da análise de viscosidade realizada com as suspensões preparadas com diferentes defloculantes no viscosímetro Brookfield.

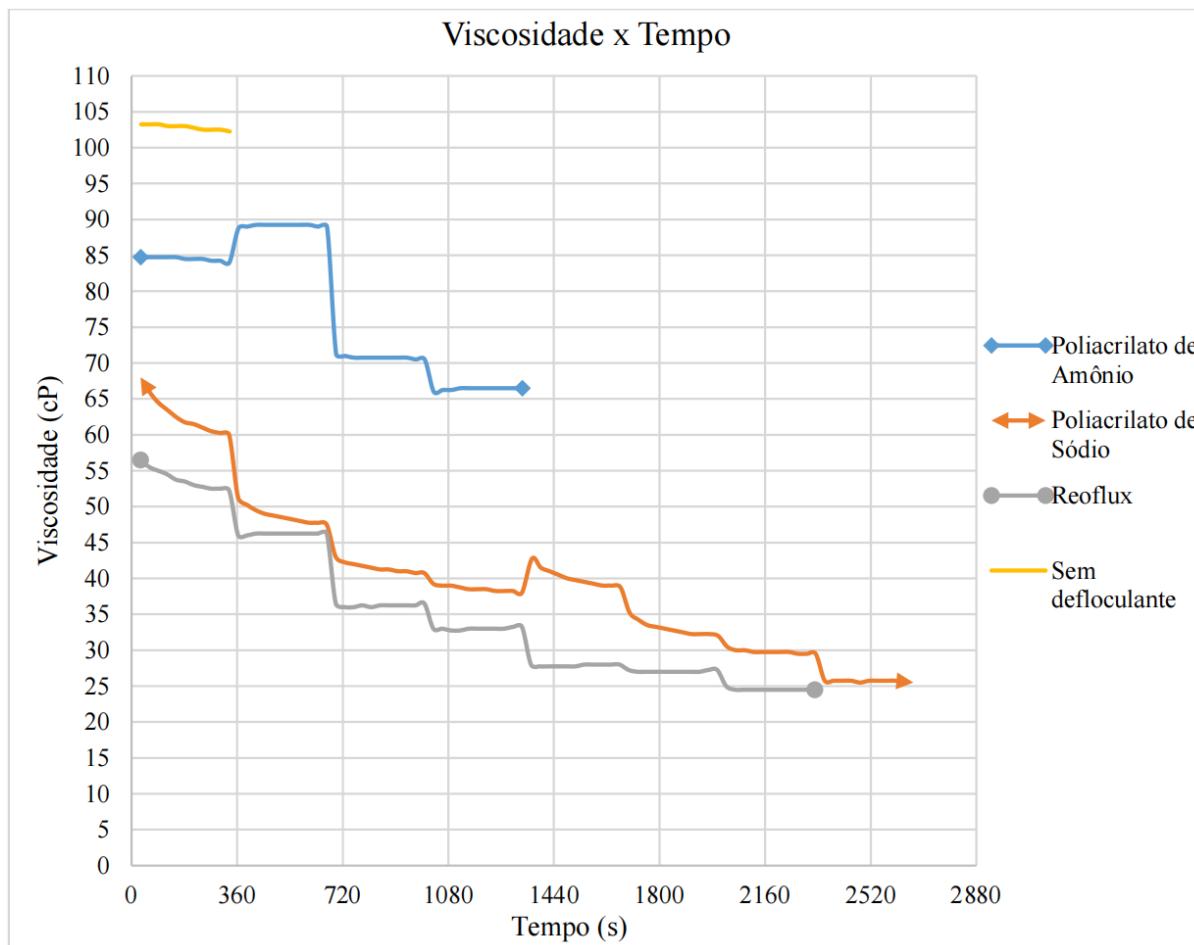


Figura 3 - Gráfico das viscosidades no Brookfield. Fonte: os autores

A suspensão preparada apenas com água e sem defloculante apresentou uma viscosidade relativamente alta (aproximadamente 103 cP). A falta de um defloculante eficaz resultou em aglomeração de partículas, dificultando a fluidez e processamento. A viscosidade reduzida para 66 cP com 4 gotas adicionadas, indica que o poliacrilato de amônio desempenhou um papel eficaz na dispersão das partículas. Sua ação defloculante permitiu uma distribuição mais homogênea, melhorando as propriedades reológicas da suspensão.

Com uma viscosidade de aproximadamente 26 cP, com 8 gotas adicionadas, a amostra com poliacrilato de sódio demonstrou uma capacidade ainda maior de reduzir a viscosidade. Sua ação defloculante mais eficiente resultou em uma suspensão mais fluida, facilmente processável e com menor teor de aglomerados. A viscosidade de aproximadamente 24 cP da amostra contendo Reoflux, com 7 gotas adicionadas, é comparável à amostra com poliacrilato de sódio. Isso sugere que o Reoflux também exerce uma ação defloculante eficaz, contribuindo para a dispersão uniforme das partículas. A amostra com Reoflux, obteve a viscosidade mais baixa, sugerindo uma capacidade superior de dispersão em comparação com os outros defloculantes testados, diminuindo ainda mais o teor de aglomerados. O poliacrilato de sódio com resultados semelhantes ao poliacrilato de amônio e o Reoflux, destaca-se como uma alternativa promissora, oferecendo vantagens similares na formulação de suspensões cerâmicas.

O Reoflux gerou uma possível repulsão eletrostática entre as partículas, isso reduz a força de coesão entre elas, evitando a formação de aglomerados e, consequentemente, melhorando a estabilidade da suspensão. Além disso, diminuiu a viscosidade da suspensão, mantendo a

densidade da mesma. Com base nos resultados, o Reoflux emerge como o defloculante mais eficiente entre os testados, seguido pelo poliacrilato de sódio e poliacrilato de amônio, destacando a importância de escolher cuidadosamente o agente defloculante na formulação de suspensões cerâmicas.

### 3.5 Densidade aparente das amostras a verde

A densidade aparente é uma propriedade fundamental na caracterização de materiais cerâmicos, como o grès porcelanato. O objetivo é analisar como esses defloculantes influenciam a densidade aparente do material. Após a pesagem das amostras, foi determinada a densidade aparente, os resultados estão contidos na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Densidade das amostras a verde prensadas ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

Poliacrilato de amônio	Poliacrilato de sódio	Reoflux
1,74	1,733	1,783

Fonte: os autores

Foram medidas 40 amostras de cada tipo de defloculante, e os resultados indicam variações nas densidades aparentes. A amostra utilizando poliacrilato de amônio, apresentou uma densidade aparente de  $1,74 \text{ g}/\text{cm}^3$ . A amostra com o uso de Reoflux, registrou uma densidade ligeiramente superior, atingindo  $1,783 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Enquanto isso, a amostra preparada com poliacrilato de sódio, exibiu uma densidade aparente de  $1,733 \text{ g}/\text{cm}^3$ . A variação observada pode ser atribuída às diferentes propriedades físico-químicas de cada defloculante, como tamanho molecular, carga elétrica e interações específicas com as partículas do material. A amostra com Reoflux, demonstrou a densidade aparente mais elevada, indicando uma eficácia maior na dispersão das partículas durante o processo de preparação. Por outro lado, a amostra com poliacrilato de sódio, apresentou uma densidade ligeiramente menor, sugerindo que este defloculante pode resultar em uma menor compactação das partículas, e menor desaglomeração das partículas.

### 3.6 Resistência mecânica das amostras a verde

A Figura 4 mostra os resultados do ensaio de resistência mecânica, a fim de comparar as propriedades de resistência à flexão dos três tipos de amostras prensadas de grès porcelanato, cada uma preparada com um defloculante específico.

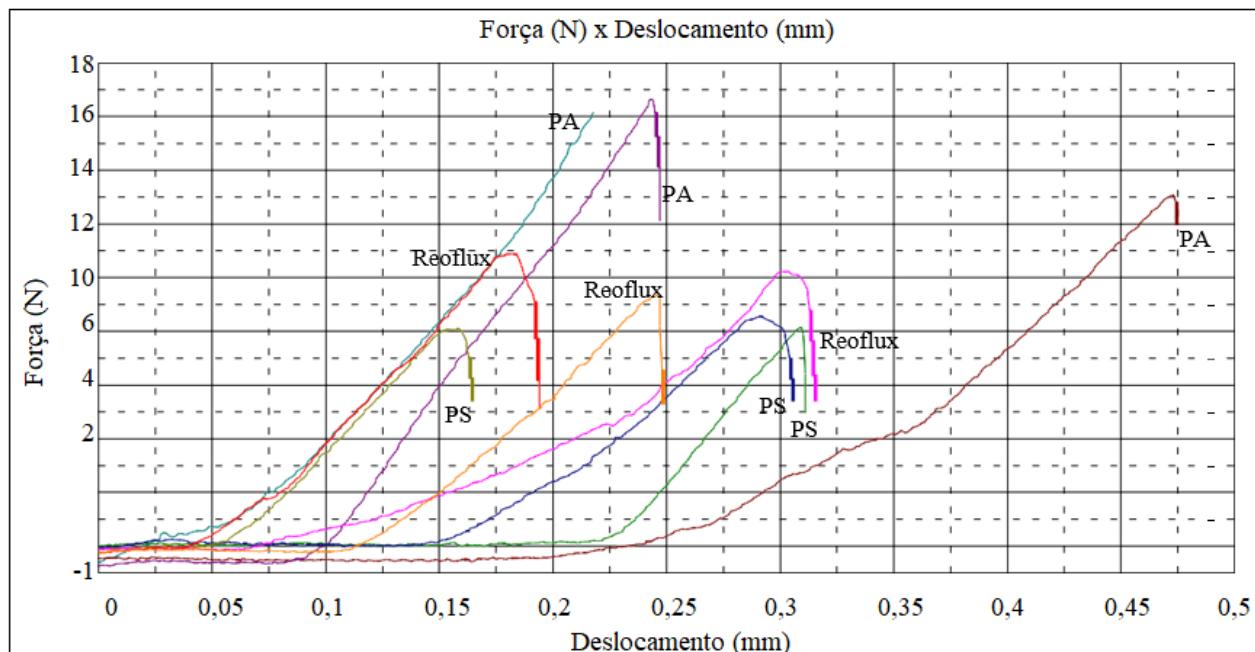


Figura 4 - Gráfico de resistência mecânica das amostras a verde com diferentes defloculantes. Fonte : os autores

Os resultados obtidos indicam que a amostra preparada com poliacrilato de amônio (PA) apresentou uma média de resistência à flexão de 15,3 Newtons. Por outro lado, a amostra tratada com poliacrilato de sódio (PS) suportou, em média, uma força de 8,28 Newtons, enquanto a amostra preparada com Reoflux apresentou uma média de resistência de 11,24 Newtons. O poliacrilato de amônio demonstrou proporcionar a maior resistência à flexão, indicando ser uma escolha eficaz para melhorar essa propriedade específica do material. A amostra tratada com poliacrilato de sódio, por outro lado, exibiu uma resistência inferior, sugerindo que este defloculante pode não ser tão efetivo nesse contexto.

A amostra preparada com Reoflux ocupou uma posição intermediária em termos de resistência à flexão. Essa constatação pode indicar que o Reoflux possui características que contribuem positivamente para a resistência, mas não na mesma medida que o poliacrilato de amônio.

### 3.7 Resistência mecânica das amostras sinterizadas

As amostras preparadas com poliacrilato de amônio demonstraram uma resistência média à flexão notável de 195,326 N. Este defloculante se destacou como o mais eficaz entre os três, conferindo ao grès porcelanato uma resistência superior à flexão. A coesão e a capacidade de fortalecimento estrutural do poliacrilato de amônio são evidenciadas por esse desempenho superior.

As amostras preparadas com Reoflux apresentaram uma resistência média à flexão de 184,901 N, mostrando uma performance robusta, embora ligeiramente inferior ao poliacrilato de amônio. O Reoflux demonstrou ser uma escolha eficiente para melhorar a resistência à flexão do grès porcelanato, indicando suas propriedades favoráveis de deflocação e reforço estrutural.

O poliacrilato de sódio, por sua vez, resultou em uma resistência média à flexão de 168,679 N. Apesar de apresentar a menor resistência entre os três defloculantes testados, o poliacrilato de sódio ainda contribuiu para um desempenho aceitável. Sua influência nas propriedades mecânicas destaca-se, sugerindo que, embora menos eficaz que os outros dois,

o poliacrilato de sódio ainda desempenha um papel na melhoria das características do grêns porcelanato.

### 3.8 Difração de raios X de grêns porcelanato sem defloculante

O gráfico gerado a partir dos resultados da difração de raios-x, mostrou informações sobre a composição cristalina da amostra de grêns porcelanato, como é demonstrado na Figura 5 a seguir:

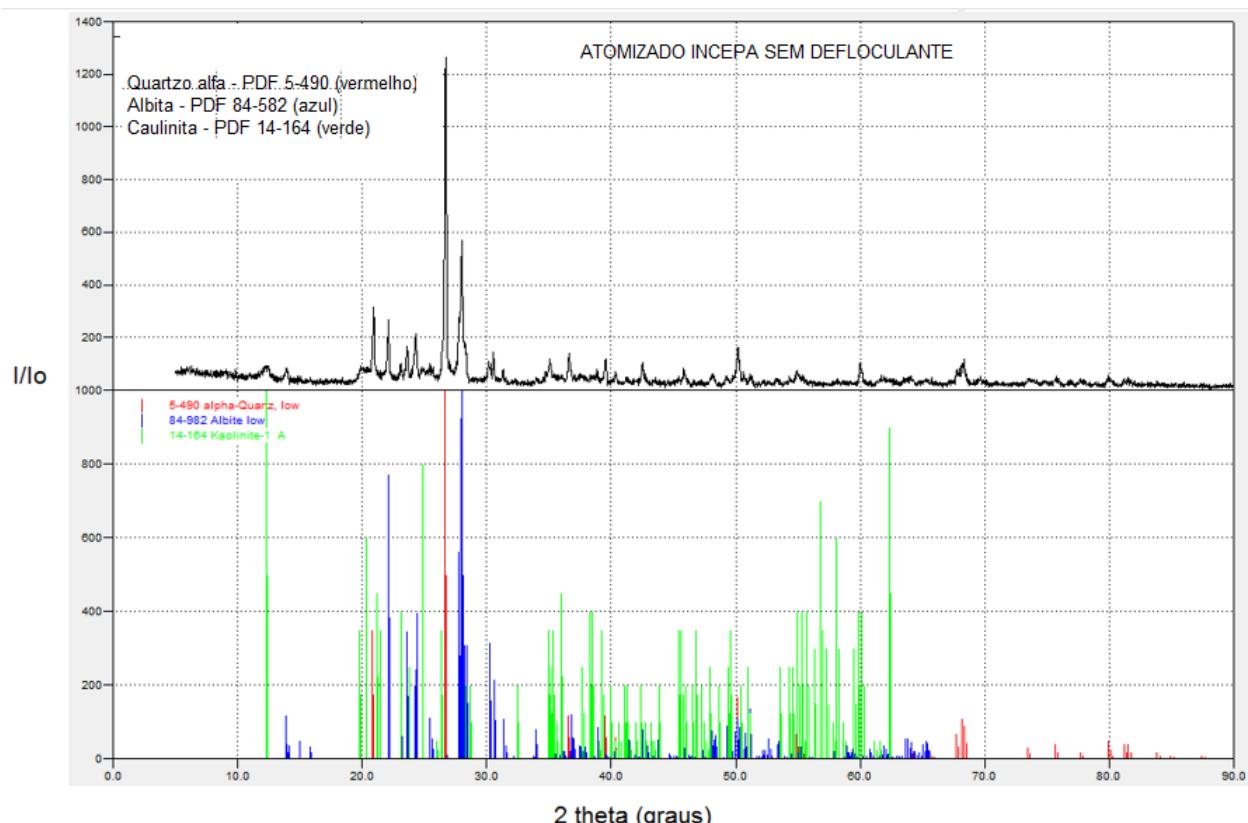


Figura 5 – Gráfico com resultados da análise de raios X Fonte: Os Autores.

O quartzo alfa é uma forma cristalina do mineral quartzo, comum em materiais cerâmicos. A posição e a intensidade desse pico sugerem a predominância desse mineral na amostra. A albita é um feldspato rico em alumínio e sódio, característico em muitos tipos de cerâmica. A intensidade mais alta desse pico sugere uma concentração considerável de albita na composição do grêns porcelanato. A caulinita é uma argila do grupo das caulinatas, e sua detecção no gráfico indica a incorporação desse mineral na estrutura do porcelanato. Assim, a análise de DRX fornece uma identificação das fases cristalinas presentes na amostra de grêns porcelanato atomizado, destacando a presença de quartzo alfa, albita e caulinita.

### 3.9 Estatística de Weibull

O ensaio de flexão foi realizado conforme as normas estabelecidas, registrando os dados necessários para análise estatística.

A análise de Weibull foi empregada para entender a confiabilidade e a variabilidade dos resultados. Os parâmetros da distribuição de Weibull ( $M$ ) foram calculados, revelando desvios notáveis entre os defloculantes. O “ $M$ ” é o coeficiente angular da reta, obtido a partir da distribuição dos resultados de resistência mecânica.

O gráfico da Figura 6 mostra os resultados da estatística para as amostras preparadas com o Reoflux.

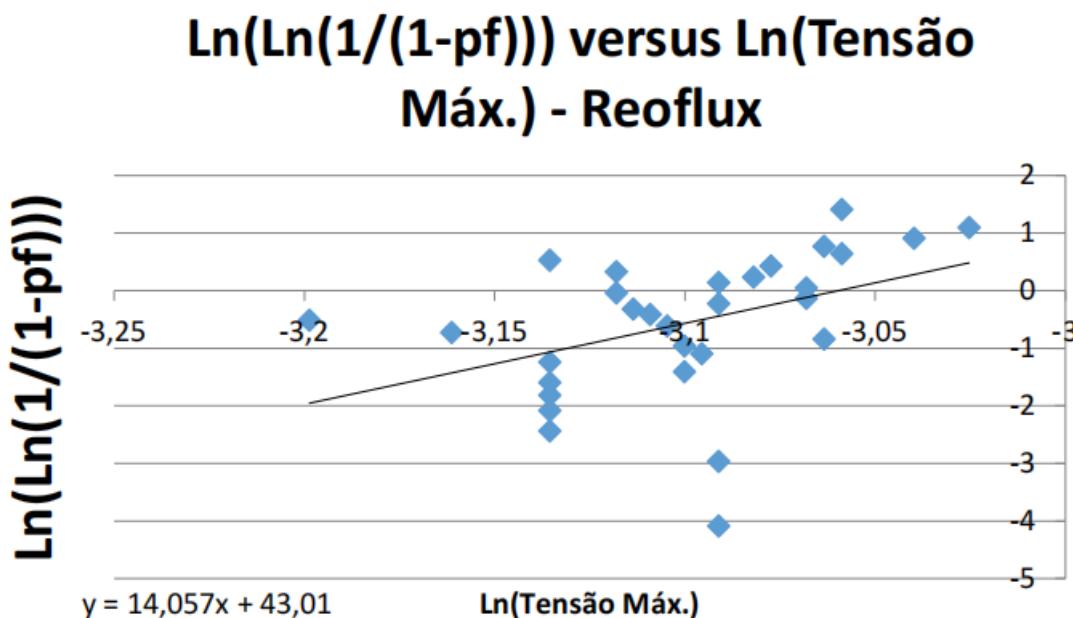


Figura 6 – Gráfico da estatística de Weibull para amostras com Reoflux . Fonte: Os Autores.

O gráfico para amostras com Reoflux apresentou como resultado o  $M = 14,057$ , indicando uma distribuição praticamente constante ao longo do tempo, porém com uma tendência sutil para a falha.

Os resultados apresentados, mostram graficamente a distribuição da estatística de Weibull para as amostras preparadas com o defloculante poliacrilato de sódio. O gráfico da para amostras com poliacrilato de sódio apresentou como resultado o  $M = 12,739$ , mostrando uma tendência mais acentuada para a falha, sugerindo uma menor confiabilidade em comparação com o Reoflux. Para as amostras com poliacrilato de amônio, apresentou o  $M = 9,7209$ , revelando uma distribuição maior, indicando uma probabilidade crescente de falha com o tempo.

O Reoflux demonstrou uma distribuição mais consistente, sugerindo uma maior confiabilidade em comparação com os outros defloculantes. O menor teor de aglomerados causou uma menor porosidade nas amostras, consequentemente os resultados de resistência mecânica se mostraram mais confiáveis. O poliacrilato de sódio, apesar da tendência para a falha, mostrou uma variação menor em comparação com o poliacrilato de amônio.

A disparidade nos resultados pode ser atribuída, em parte, à variação na espessura das amostras. Amostras com diferentes espessuras podem responder de maneira distinta às forças aplicadas durante o ensaio de flexão, afetando diretamente os resultados.

#### 4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, a escolha do Reoflux como o defloculante mais adequado para o preparo de suspensão cerâmica de grês porcelanato é respaldada pelos dados que demonstraram desempenho mais satisfatório em comparação com o poliacrilato de amônio e o poliacrilato de sódio. Embora a viscosidade da suspensão com Reoflux seja semelhante à viscosidade da suspensão com poliacrilato de sódio, o Reoflux apresentou vantagens significativas em termos de processabilidade da suspensão. Os resultados similares podem ter sido ocasionados devido aos defloculantes apresentarem a mesma composição, porém em concentrações diferentes.

O Reoflux como defloculante atuou na suspensão de grês porcelanato alterando as características reológicas da mistura, proporcionando benefícios no processamento cerâmico por promover a dispersão e a estabilidade das partículas na suspensão, e, com isso, reduzindo a viscosidade e melhorando a capacidade de escoamento. A capacidade de interagir com as partículas presentes na suspensão cerâmica, e a adsorção na superfície das partículas foi notavelmente melhor com o Reoflux, porque criou uma camada protetora e evitou a aglomeração entre elas.

A adsorção do Reoflux nas partículas resultou na repulsão eletrostática entre elas. Esse efeito de repulsão minimizou as forças de atração entre as partículas, reduzindo a aglomeração e, consequentemente, diminuindo a viscosidade da suspensão. Ao reduzir as forças de interação entre as partículas, o Reoflux contribuiu para a estabilização da suspensão, por impedir a sedimentação das partículas, e mantê-las uniformemente dispersas ao longo do tempo.

A redução da viscosidade e a estabilização da suspensão facilitam o escoamento do material durante os processos de moldagem e conformação. Isso é crucial em aplicações cerâmicas, como na produção de grês porcelanato, onde o escoamento da suspensão desempenha um papel fundamental na obtenção de peças cerâmicas de alta qualidade.

É importante ressaltar que, embora o poliacrilato de amônio tenha demonstrado resultados superiores no ensaio de flexão, para o processamento específico do grês porcelanato, a menor viscosidade proporcionada pelo Reoflux é mais interessante. A viscosidade reduzida facilita o escoamento da suspensão, otimizando a fase de produção e resultando em um produto final de maior qualidade.

Portanto, a escolha do Reoflux como defloculante é justificada não apenas pelos resultados diretos de desempenho, mas também pela consideração das propriedades reológicas necessárias para o processo específico de produção de grês porcelanato. Essa decisão visa não apenas a eficácia na dispersão das partículas, mas também a melhoria da eficiência operacional no contexto do processo cerâmico em questão.

## 5 Referências

- ALMEIDA, M. P. S.** *Síntese e Caracterização de Nanopartículas de maguemita recobertas com sílica funcionalizadas com grupos amina.* Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
- DELAVI, D. G. G. et al.** *Deflocação de suspensões aquosas de argilas e sua correlação com caracterizações químicas e de superfícies.* Dissertação, UFSC, 2011.
- MELO, M. M.** *Formulation and characterization of porcelainized stoneware tiles mixtures from regional raw materials and roofing tile chamote.* 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- MENEGAZZO, A.P.M.** *Estudo da correlação entre a microestrutura e as propriedades finais de revestimentos cerâmicos do tipo grês porcelanato.* 2001. 291f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear). Autarquia associada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

**OLIVEIRA, I. R. et al;** *Dispersão e empacotamento de partículas.* Fazendo Arte Editoria. São Paulo – SP, 2000.

**ROCHA, R. R.** *Estudo do comportamento reológico de suspensões argilosas da formação Corumbataí.* Dissertação (Mestrado em Geologia Regional). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 173 f., 2007.

**SANCHEZ, E. et al.** *Efeito da composição das matérias-primas empregadas na fabricação de grès porcelanato sobre as fases formadas durante a queima e as propriedades do produto final.* Revista Cerâmica Industrial, v.6, n.5, p. 15- 22, 2001

**SCHINDLER, K. et al** *Wet-pressing of handles in table porcelain manufacturing,* Vol 27, 1889-1892, 2007

**SHIROMA, P. H.** *Estudo do comportamento reológico de suspensões aquosas de bentonita e CMC: Influência da concentração do NaCl.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo, São Paulo, 130 f., 2012.

**SOLDATI, R. et al** *Powder rheology and compaction behavior of novel micro-granulates for ceramic tiles,* Powder Technology, Vol 374, 111-120, 2020.