

## CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO RESÍDUO DE LOUÇA SANITÁRIA PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS SINTERIZADAS

Vanessa Moura de Souza<sup>1</sup> (moura.souza@ufrgs.br), Vinicius Martins<sup>2</sup>  
(vmartins@sapucaia.ifsul.edu.br), Gelsa Edith Navarro Hidalgo<sup>3</sup> (gelsaedith@ufrgs.br), Rejane  
Maria Candiota Tubino<sup>4</sup> (rejane.tubino@ufrgs.br)  
1,4 UFRGS - LEAmet  
2 IFSul – Campus Sapucaia do Sul/RS  
3 UFRGS - LAPROM

### RESUMO

Atualmente o Brasil situa-se entre os quatro maiores produtores de cerâmica tradicional no cenário mundial. Este processo gera, em uma única empresa de médio porte, cerca de 900 toneladas ano de um resíduo chamado pitcher, que é o pó do caco de louça cerâmica. Apenas cerca de 20% desse resíduo é reutilizado, enquanto os outros 80% são destinados para aterros. A reutilização e a reciclagem dos resíduos industriais demonstram ser soluções viáveis em relação ao impacto ambiental, otimização de recursos e lucros das indústrias. Com isso, faz-se necessário pesquisas na área para repensar outras alternativas para este resíduo. Este trabalho tem como objetivo tecnológico identificar e caracterizar o resíduo de pitcher, assim como avaliar seu possível potencial para aplicação na fabricação de peças sinterizadas, através da análise química, microscopia eletrônica de varredura para identificação das partículas, granulometria e morfologia ideal para aplicação na tecnologia do pó. Pretende-se então, através dos resultados, obter uma destinação apropriada e ambientalmente correta para este resíduo; assim como uma aplicação tecnológica e útil para este material.

**Palavras-chave:** Pitcher; Sinterização; Resíduo.

## PRELIMINARY CHARACTERIZATION OF SANITARY WARE RESIDUE FOR THE MANUFACTURING OF SINTERED PARTS

### ABSTRACT

Currently Brazil is among the four largest producers of traditional ceramics in the world. This process generates, in a single midsize company, about 900 tons per year of a residue called pitcher, which is the powder of ceramic fragments. Only about 20% of this residue is reused, while the other 80% is destined for landfills. The reuse and recycling of industrial residues prove to be viable solutions in terms of environmental impact, resource optimization and industry profits. With this, it is necessary to research the area to rethink alternatives for this residue. This paper aims to identify and characterize the pitcher residue as well as to evaluate its potential for application in the manufacturing of sintered parts through chemical analysis, scanning electron microscopy for particle identification, granulometry and ideal morphology for application in powder technology. It is intended to use the results to obtain an appropriate and environmentally correct destination for this residue; as well as a technological and useful application for this material.

**Keywords:** Pitcher; Sintering; Residue.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor industrial de fabricação de louças cerâmicas tem expandido sua produção conforme o aumento de demanda da construção civil e o crescimento populacional. No Brasil já são responsáveis por mais de 1% do PIB (Produto Interno Bruto); conseqüentemente a quantidade de resíduo gerado neste processo também aumenta. Em busca de minimização dos custos, da diminuição de perdas e redução dos danos ao meio ambiente, as indústrias de cerâmica procuram soluções a curto prazo para seus resíduos industriais (ABC, 2017) (CAVALCANTE, 2005).

Um dos principais resíduos no processo de fabricação de louça cerâmica é o pitcher, o qual é constituído por cacos de louças que apresentaram defeitos durante sua fabricação, como mostra a Figura 1. São louças que não passaram no teste de qualidade e que são trituradas, para que seu resíduo seja parcialmente reinserido na produção de pisos cerâmicos e refratários (CAVALCANTE, 2005) (MEDINA et al., 2011) (CASAGRANDE et al., 2015).

Figura 1. Constituição do Pitcher



Atualmente, em uma única fábrica de louças sanitárias, são geradas mais de 900 toneladas/ano deste resíduo e apenas cerca de 20% desse material é reaproveitado. A geração do pitcher contribui para a diminuição da vida útil dos aterros, onde são normalmente dispostos os outros 80% que não são reaproveitados (OLIVEIRA; MAGANHA, 2016) (DURATEX S.A., 2016) (CARTER; NORTON, 2007). Esse resíduo apresenta danos ao ambiente e à saúde da população, pois demoram de 1000 a 2000 anos para se decompor e quando não britado serve como hospedagem para o mosquito da dengue (JUAN et al., 2010).

O pitcher tem propriedades substanciais como resistência térmica e mecânica, pois provém de cerâmicos que contém argila, sílica e feldspato (GUERRA et al., 2009). A argila é responsável pelas propriedades plásticas necessárias à moldagem do material, a sílica aumenta a resistência mecânica dos cerâmicos e o feldspato reduz a temperatura de fusão da mistura (AMIN et al., 2016) (TABAK et al., 2012) (CARDOSO et al., 1998).

No sentido de encontrar aplicações tecnológicas para esse resíduo, o objetivo dessa pesquisa visa a caracterização e estudo do pitcher para utilização na fabricação de peças sinterizadas. Com o intuito de promover melhorias nas propriedades mecânicas e funcionais e realizar a ligação entre as partículas do pó obtido do pitcher, torna-se viável na sinterização a utilização das técnicas de tecnologia do pó convencional.

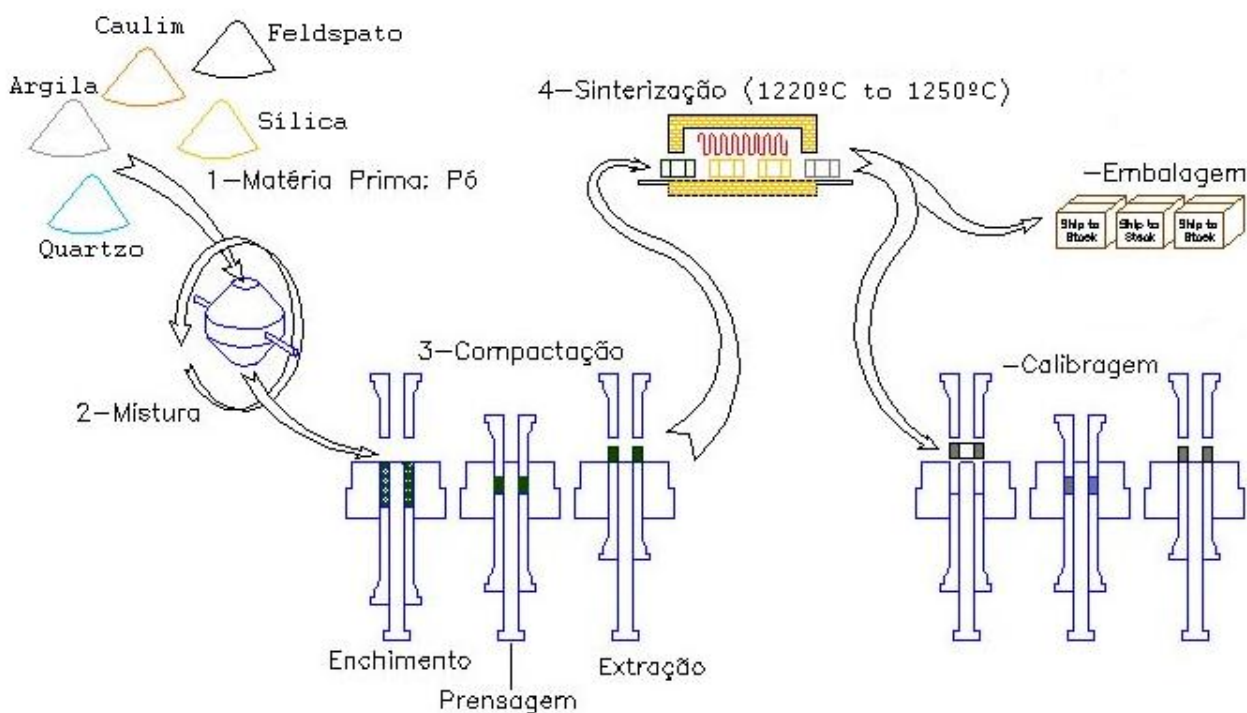
A tecnologia do pó é realizada através de uma sequência de processamentos que permite a fabricação de diversos componentes a partir de pós cerâmicos. Se distingue dos demais processos convencionais de fabricação pelas seguintes características (THÜMLER; OBERACKER, 1993) (NEVES, 2005):

- Utilização de pós cerâmicos como matérias-primas;
- Ausência de fase líquida ou presença parcial da mesma durante o processo de fabricação;
- Eliminação dos processos de usinagem, por produção de peças definitivas ou quase definitivas;

- Características estruturais e físicas que não são possíveis de se obter por qualquer outro processo de fabricação;
- Obtenção de peças com produção em série, tornando o processo altamente competitivo em relação aos processos convencionais.

A Figura 2 apresenta as etapas do processo de tecnologia do pó, desde o recebimento da matéria prima, passando pelos processos de mistura, compactação, sinterização até o processo final que pode incluir processos complementares para depois seguir para a embalagem ou até mesmo o processo de calibragem se necessário (THÜMLER; OBERACKER, 1993).

Figura 2. Fluxograma da rota da tecnologia de sinterização do pó (TRUDEL, 1998)



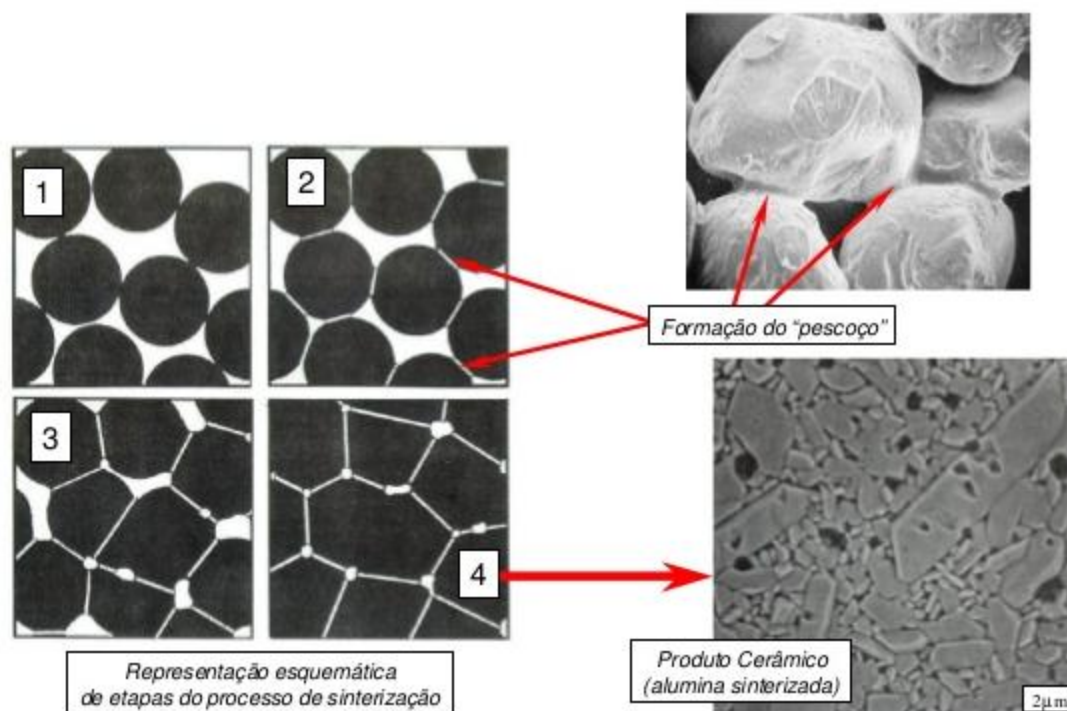
A sinterização é fundamentada na compactação de pós cerâmicos em matrizes com a forma do produto desejado. As peças compactadas são encaminhadas para a etapa de sinterização em fornos para que haja uma ligação dos pós em função da temperatura. Nesta etapa ocorre uma contração do volume das peças, atingindo as formas e dimensões finais projetadas (TRUDEL, 1998). A peça pronta apresenta bom acabamento superficial e adequadas tolerâncias dimensionais (SANDEROW, 1998). Os mecanismos de Formação do Compósito Cerâmico (CC) se dão na forma de compósito estruturado, composto de duas ou mais fases numa escala microscópica, cujo desempenho mecânico e propriedades são projetados para serem superiores a dos constituintes atuando independentemente.

A fase cerâmica, selecionada a partir de materiais com elevada dureza a quente e resistência à oxidação, é sinterizada conferindo ductilidade e tenacidade (TRUDEL, 1998) (VENTURA, 2009). A sinterização consiste no aquecimento das peças comprimidas a temperaturas específicas abaixo do ponto de fusão do material-base da mistura e eventualmente acima do ponto de fusão do metal secundário da mistura (CALLISTER, 2008) (SANTOS et al., 2005). Esse processo acontece sob condições controladas de velocidade de aquecimento, tempo, temperatura, velocidade de resfriamento e atmosfera do ambiente de aquecimento (TORRES, 2009). A Figura 3 mostra como se comportam as partículas nos diversos estágios que ocorrem no processo de sinterização. Em um primeiro estágio, onde a matéria apresenta-se contínua na interface dos grãos, ocorre a formação de pescoços (*necks*), com pouca retração. Em um segundo estágio, ocorre um aumento



da relação raio do pescoço com o raio da partícula, revelando duas fases contínuas, fase sólida e vazios, ou poros interligados. Por fim, em um último estágio ocorre o isolamento e arredondamento dos poros, oferecendo uma densificação ao material em torno de 90 a 95% em teoria (DINIZ, 2007). Porém como o resíduo pitcher não possui referências das suas características após transformado em pó, será posteriormente caracterizado para confirmar o seu comportamento frente a esse processo.

Figura 3. Etapas da sinterização (DINIZ, 2007)



## 2. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é a pesquisa e caracterização preliminar do pó de resíduo de louça sanitária, chamado de pitcher, para aplicação em peças sinterizadas. Além disso, este estudo visa determinar a seleção granulométrica das partículas de pitcher, assim como a avaliação de viabilidade técnica do picther.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Amostras utilizadas

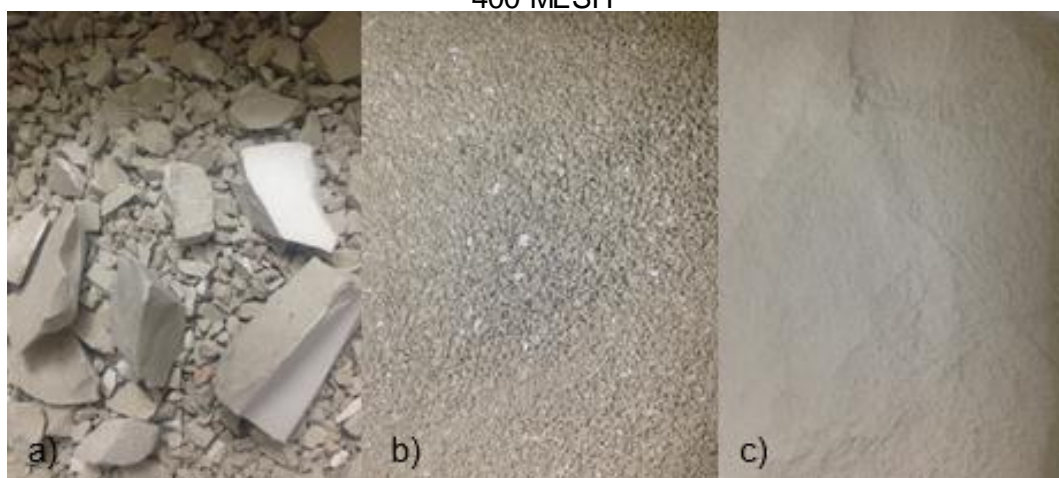
Nas indústrias de fabricação de louça sanitária, as peças com defeito são segregadas, conforme Figura 4. Após essa segregação as peças são encaminhadas a um britador onde é produzido o pó de caco de louça, chamado pitcher.

Figura 4. Peças de louça cerâmica sanitária com defeitos. Fonte: acervo do autor



Para caracterização, foi peneirado 20 Kg de pitcher utilizando a seguinte sequência de peneiras: 18 MESH, 25 MESH, 30 MESH, 120 MESH e 400 MESH; sendo que cerca de 70% desse resíduo ficou retido nas peneiras de 120 e 400 MESH. Na Figura 5 pode-se ver os pós obtidos após esse processo de peneiramento. Neste trabalho, para caracterização, será utilizado apenas os pós obtidos na peneira de 120 MESH e 400 MESH.

Figura 5. Pitcher em diferentes granulometrias: a) Resíduo de louça cerâmica após o processo de britagem; b) Pó obtido após o peneiramento em 120 MESH; c) Pó obtido após o peneiramento em 400 MESH



Na Figura 5 pode-se perceber os diferentes tamanhos de partículas encontradas em uma mesma amostra de pitcher, ressaltando a importância da avaliação e seleção granulométrica.

### 3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

O princípio do microscópio eletrônico de varredura (MEV) consiste em usar um feixe de elétrons de pequeno diâmetro para explorar a superfície de uma amostra. A incidência do feixe de elétrons irá interagir com a amostra, resultando no sinal de imagem. Utiliza um filamento de tungstênio (W) aquecido, operando numa faixa de tensões de 1 a 50 kV. O feixe interagindo com a amostra produz elétrons e fótons que podem ser coletados por detectores adequados e convertidos em um sinal de vídeo. Quando um feixe primário incide na amostra, parte dos elétrons difundem-se e constituem um volume de interação cuja forma de interação depende principalmente da tensão de

aceleração e do número atômico da amostra. Neste volume, os elétrons e as ondas eletromagnéticas produzidas são utilizadas para formar imagens ou efetuar análises físico-químicas (DEDAVID, GOMES e MACHADO, 2007).

O microscópio eletrônico de varredura foi utilizado para analisar a morfologia e tamanho de partícula do pitcher de duas diferentes granulometrias, bem como para análise química via EDS (*Energy Dispersive x-ray detector*). O equipamento utilizado foi Microscópio Eletrônico de Varredura Zeiss EVO MA 10 (Figura 6), do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

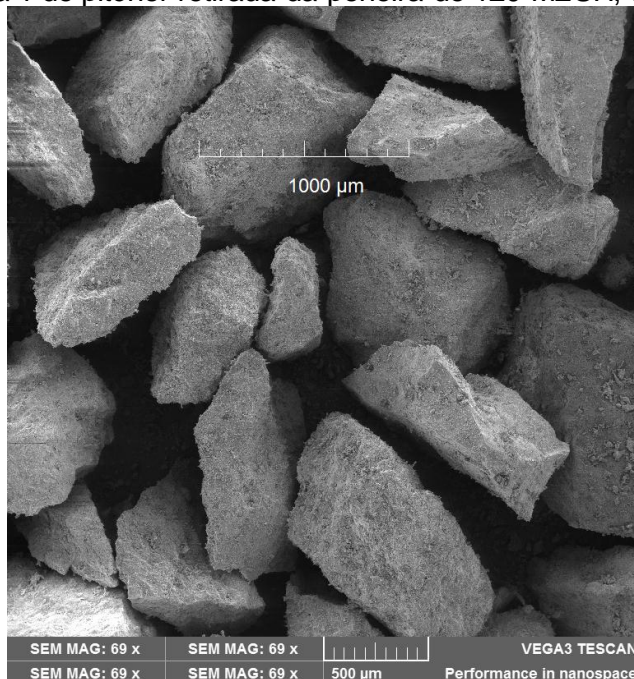
Figura 6. Microscópio eletrônico de varredura Zeiss EVO MA10



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível perceber na Figura 7, através de uma análise da morfologia obtida pela técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura, que o pitcher retirado da peneira de mesh 120 possui grãos com formato irregulares, prismáticos e pontiagudos.

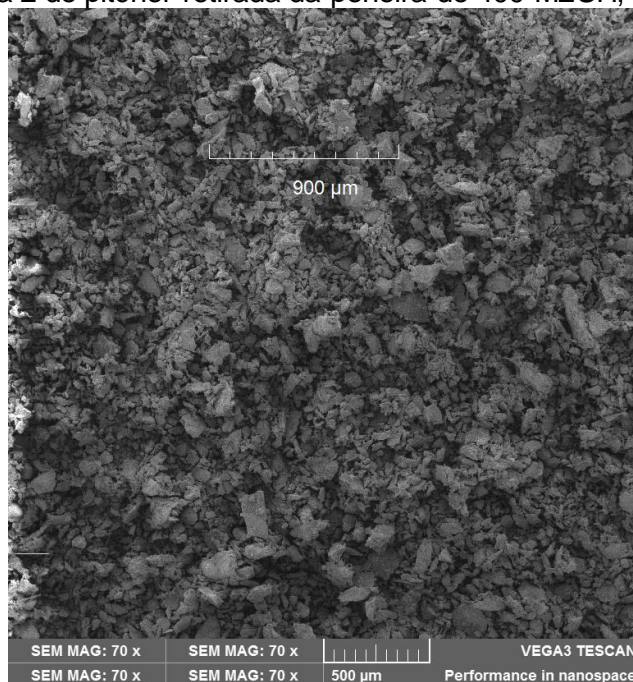
Figura 7. Amostra 1 de pitcher retirada da peneira de 120 MESH, analisada via MEV





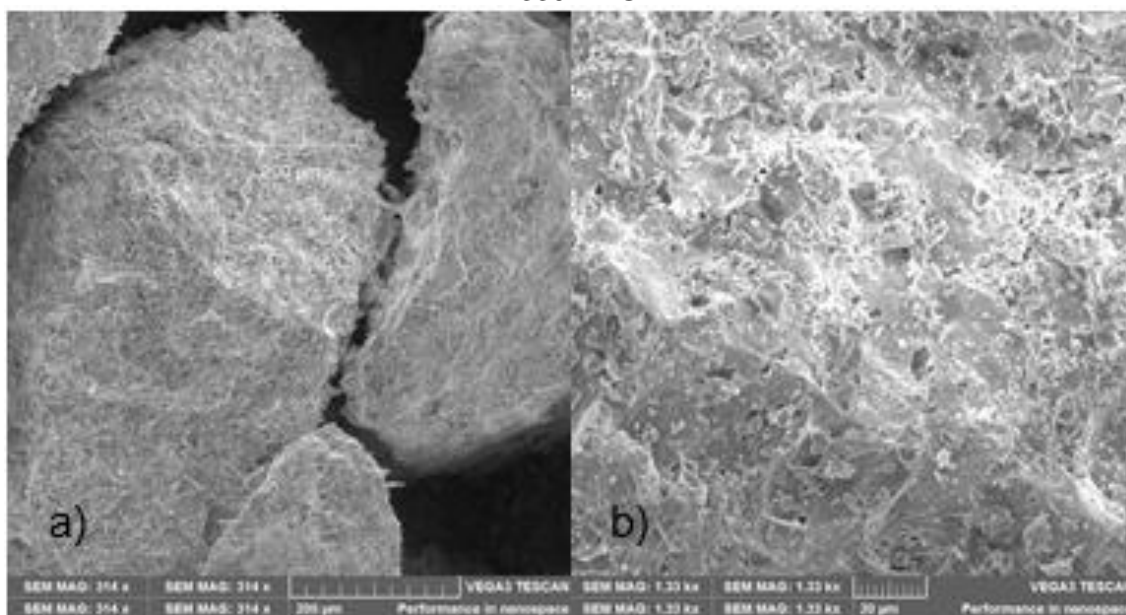
Na Figura 8 percebe-se uma homogeneidade nos grãos, com formatos arredondados, esféricos e sem cantos vivos na sua maioria, se comparado com a Figura 5.

Figura 8. Amostra 2 de pitcher retirada da peneira de 400 MESH, analisada via MEV



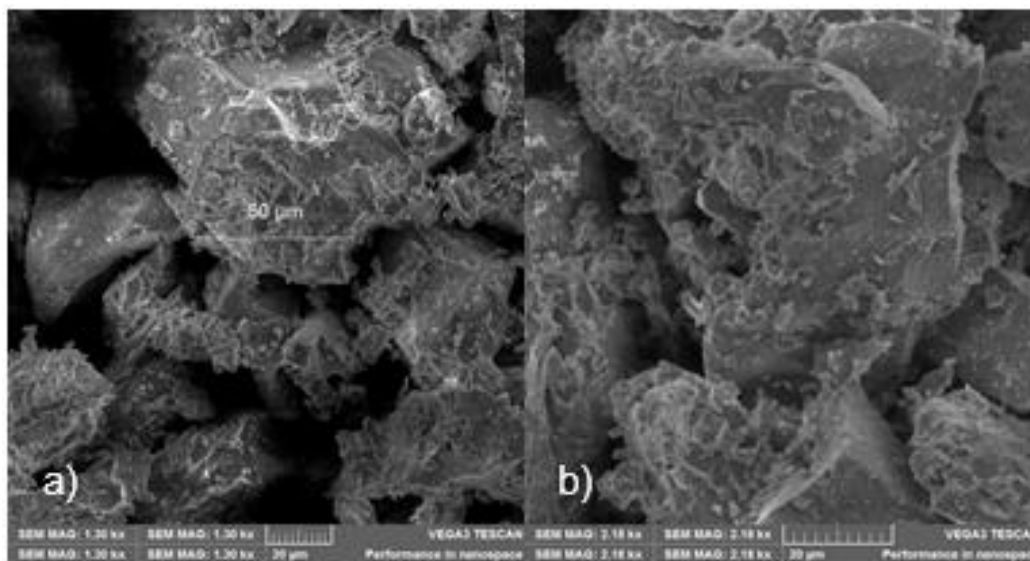
Em um aumento de magnitude (MAG) de 314 e 1330 respectivamente na amostra 1, pode-se visualizar os grãos de pitcher com tamanhos de partícula espaçadas variando entre 400µm, conforme mostra a Figura 9 a). A Figura 9 b) apresenta a morfologia da partícula de pitcher de 400 µm com uma estrutura de partícula do tipo bloco irregular com porosidade acentuada e partículas mais espaçadas

Figura 9. Amostra 1 de pitcher (peneira 120 MESH): a) aumento de 314 MAG b) aumento de 1330 MAG



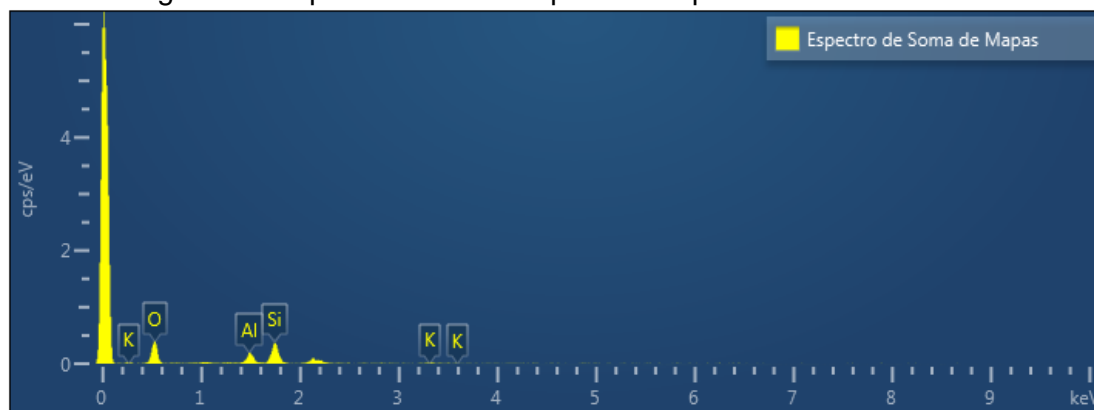
Já o pitcher da amostra 2 (peneira de 400 MESH) apresentou um grão mais denso e bem distribuído com partículas variando o tamanho entre 50  $\mu\text{m}$  conforme mostra a Figura 10 a) e 10 b). Todas essas características verificadas no MEV tem grande influência na troca de calor entre as partículas, pois na tecnologia do pó é fundamental a área de troca de calor e capacidade de absorver a energia térmica. A morfologia dos pós é determinante também na maneira que as partículas ao serem compactadas, se deformarão e se adaptarão à matriz, distribuindo homogeneamente as fases duras, formando assim a estrutura da peça.

Figura 10. Amostra 2 de pitcher (peneira 400 MESH): a) aumento de 218 MAG b) aumento de 1330 MAG



Quando o feixe de elétrons incide sobre um mineral, os elétrons mais externos dos átomos e os íons constituintes são excitados, mudando de níveis energéticos. Ao retornarem para sua posição inicial, liberam a energia adquirida a qual é emitida em comprimento de onda no espectro de raios-x. Para análise química, foi utilizado o EDS (*energy dispersive x-ray*) acoplado ao equipamento do MEV, o qual, através de um detector instalado na câmara de vácuo, mediu a energia associada aos elétrons da amostra. Como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais os elementos químicos estão presentes naquele local e assim identificar em instantes que mineral está sendo observado. Assim, utilizando as imagens 7 e 8 obtidas pelo MEV, foi realizado o espectro de maneira qualitativa, dos elementos presentes no pitcher, conforme Figura 11.

Figura 11. Espectro da análise química do pitcher obtida via EDS





A louça sanitária é fabricada com massas constituídas basicamente de argilominerais (argila plástica e caulim), quartzo, feldspato podendo incluir rochas cerâmicas como granito, pegmatito e filito como fundentes (CALLISTER, 2008). Logo, o espectro obtido se mostrou coerente com a literatura, comprovando assim que o pitcher tem potencial de uso, pois ainda possui minerais reaproveitáveis, com pouca degradação.

## 5. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos após os ensaios realizados, pode-se concluir que o pitcher (pó de resíduo de louça sanitária) apresentou-se morfológicamente bem constituído, ou seja, sem defeitos pontuais. Nas análises obtidas pela técnica de MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), ambas as amostras de pitcher mostraram-se satisfatoriamente homogêneas, além disso foi possível verificar a morfologia dos grãos e a diferença no formato das partículas do pitcher. A análise química demonstrou que o pitcher possui elementos de interesse e ausência de defeitos tipo contaminantes e toxicidade.

O pitcher apresentou resultados satisfatórios quanto às análises estudadas nesse trabalho, mostrando possuir um futuro promissor para sua aplicação na fabricação de peças utilizando tecnologia do pó.

## REFERÊNCIAS

ABC – Associação Brasileira de Cerâmica, 2017. Disponível em:

<<http://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>>. Acesso em 17 de Fevereiro de 2017.

AMIN, S. K.; SIBAK, H. A.; EL-SHERBINY, S. A.; ABADIR, M. F. An Overview of Ceramic Wastes Management in Construction. **International Journal of Applied Engineering Research**, v.11, n.4, p.2680-2685, 2016.

CALLISTER, W. D. Jr. Estruturas e Propriedades das Cerâmicas. In: \_\_\_\_\_. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução**. LTC Editora, 2008 Sétima Edição, Cap. 12., p.302-332.

CARDOSO, S. R. F.; SANTOS, H. S.; COELHO, A. C. V; SANTOS, P. S. Caracterização e propriedades cerâmicas de alguns caulins e argilas usados em cerâmica branca no Estado de São Paulo. **Cerâmica Industrial**, v. 3, n. 3, p. 57-77, 1998.

CARTER, C.B.; NORTON, M. Grant. Processing Glass and Glass-Ceramics. In: \_\_\_\_\_. **Ceramic materials: science and engineering**. Springer Science & Business Media, 2007. Cap. 26, p. 477-494.

CASAGRANDE, M. C.; SARTOR, M. N.; GOMES, V.; DELLA, V. P. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos Industriais: Processamento e Aplicações no Setor Cerâmico. **Cerâmica Industrial**, v.13 (1/2), p.35, 2015.

CAVALCANTE, W. F. V. **Aproveitamento de resíduos cerâmicos da indústria de louça sanitária para produção de massas para revestimento cerâmico**. Vol1, p.56-61, 2005.

DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicações e preparação de amostras**. [S.l.]: Editora do CEMM-PUCRS, 2007.

DINIZ, M. A. I. **Sinterização de matrizes cerâmica à base alumina reforçada por carbetos a partir de precursores poliméricos.** Tese de Doutorado – Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). 2007. 140p.

DURATEX S.A. **E-book Sustentabilidade na empresa Duratex, 2016.** Disponível em: <<http://www.duratex.com.br/sustentabilidade/meio-ambiente/gestao-de-residuos>>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2017.

GUERRA, I; VIVAR, I; LLAMAS, B; JUAN, A. Eco-efficient concretes: The effects of using recycled ceramic material from sanitary installations on the mechanical properties of concrete. **Waste management**, v. 29, n. 2, p. 643-646, 2009.

JUAN, A.; MEDINA, C.; MORÁN, J. M.; GUERRA, M.I.; AGUADO, P. J.; ROJAS, M. I. S.; FRÍAS, M.; RODRÍGUEZ, O. **Re-use of ceramic wastes in construction.** INTECH Open Access Publisher, 2010.

MEDINA, C.; ROJAS, M. I. S.; FRÍAS M.; JUAN, A. Using ceramic materials in ecoefficient concrete and precast concrete products. **Intech. Advances in Ceramics–Electric and Magnetic Ceramics, Bioceramics, Ceramics and Environment**, v. 18289, 2011.

NEVES, M. D. M. **Sinterização de misturas de pós de ligas de ferro para aplicações automotivas.** Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP), 2005.

OLIVEIRA, M. C.; MAGANHA, M. F. B. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmicas Branca e de Revestimentos**, São Paulo: CETESB, 2016, P.24, 29-37.

SANDEROW, H. **Management & Engineering Technologies - Powder Metallurgy Methods and Design.** ASM Metals Handbook v7 - Powder Metal Technologies and Applications. ASM International, 9ª Edition, p.23-24, 1998.

SANTOS, A. M. MALISKA, A. N. KLEIN, W. RISTOW, JR. MUZART, J. L. R. Debinding of injected parts using an abnormal glow discharge. **Materials Science and Engineering**, Vol. 407, p. 71-76, 2005.

TABAK, Y.; KARA, M.; GÜNAY, E.; YILDIRIM, S. T.; YILMAZ, S. **Ceramic tile waste as a waste management solution for concrete.** In: Proceedings of the 3rd International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management, Crete, Greece. 2012. p. 1-8.

THÜMLER, F. OBERACKER, R. **An introduction to powder metallurgy.** Cambridge, Great Britain: The institute of Materials, p. 1 a 5, 1993.

TORRES, C. S. **Estudo da Moagem de Alta Energia e Sinterização.** Dissertação de Mestrado. PPGEM UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Porto Alegre, 2009.

TRUDEL, Y. **Introduction to Metal Powder. Production and Characterization.** ASM Metals Handbook. Vol. 7 - Powder Metal Technologies and Applications. ASM International, 9ª Edition, p. 83-88, 1998.

VENTURA A. M. F. M. Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas. **Ciência e Tecnologia dos Materiais.** v.21 n.3-4 Lisboa, 2009.