

ESTUDO DE MASSA CERÂMICA COM RESÍDUO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) INCORPORADO, POR ANÁLISE DE MICROSCOPIA ÓPTICA, Antonio Wellington Lima de Sá, Silvio Rainho Teixeira – Engenharia dos Materiais e Metalurgia - Licenciatura em Física – Departamento de Física, Química e Biologia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente.

A Indústria Cerâmica Vermelha é um setor muito importante, empregando grande quantidade de mão de obra, principalmente não especializada, favorecendo uma parte expressiva da população. Olarias e Cerâmicas estão difundidas por todo território nacional e utilizam como matéria-prima básica argilas comuns, totalizando um consumo superior a 80 milhões de toneladas/ano ⁽¹⁾. O lodo de ETA, principalmente proveniente de tratamento de água de superfície, pode ser incorporado à massa cerâmica, tendo em vista sua composição mineralógica. O aspecto principal da incorporação do lodo à massa cerâmica é a contribuição na minimização de um problema ambiental.

O conhecimento da microestrutura de um material é de suma importância para se avaliar as propriedades finais de um material, tais como mecânicas e térmicas, já que permite uma melhor compreensão do efeito das matérias-primas e do processamento nas propriedades do material, como a porosidade. A determinação da porosidade de materiais cerâmicos, por qualquer que seja a técnica adotada, representa um passo decisivo na análise do material, que permite, por exemplo, estudar os parâmetros de processo e ajustá-los adequadamente para melhorar a qualidade do produto final. Usualmente, a determinação da porosidade de materiais cerâmicos não esmaltados é realizada por meio do método de determinação da densidade relativa. A análise microestrutural por imagem é uma alternativa interessante, rápida e precisa, permitindo também a determinação de outros parâmetros microestruturais, como a determinação da distribuição e do tamanho das fases presentes na microestrutura ⁽²⁾.

O Departamento de Física, Química e Biologia - DFQB, da Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT, da UNESP de Presidente Prudente, possui (Processo FAPESP nº 98/13689-5) um Microscópio Trinocular, Marca LEICA, modelo DMRXP, com vários acessórios e acoplado a uma Estação de Trabalhos avançados de processamento de dados. Junto com o sistema foi adquirido o “software” Leica Qwin, para processamento e análise de imagem, que quantifica imagens de microscopia e permite medições de múltiplos parâmetros. Além dos “softwares” que acompanham o equipamento, também, foi adquirido um outro sistema de análise de imagens “Image-Pro Plus” da “Media Cybernetics”. Ele adquire dados de imagem a partir de câmeras, microscópios, vídeo cassete ou scanner e, possui vários recursos para melhorar as imagens: usando filtros de contrastes e de cores, Transformada de Fourier Rápida (FFT), morfologia, subtração de “background” e outras operações geométricas e espaciais. Ele identifica e conta objetos manualmente ou automaticamente; mede área, ângulo, perímetro, diâmetro e características geométricas de objetos selecionados. O programa dispõe de muitas outras ferramentas que permitem trabalhar uma imagem ou partes selecionadas dessa imagem (Image Pro Plus, 1999, Gonzales e Woods, 2000). A manipulação das imagens utilizando as várias ferramentas disponíveis no programa possibilita melhorar sua qualidade e quantificar diversos aspectos importantes, entre eles caracterizar a estrutura do material, classificar a presença de grãos ou poros, fazer medidas (área, comprimento, diâmetro), codificar objetos por classe etc.

As imagens da amostra com incorporação de 10% do lodo ETA coletado em agosto sinterizada a 850°C ⁽³⁾ obtida no microscópio Leica DMRX foram analisadas (**Figura 1a**) através do programa *Image-Pro Plus 4.0* e estudada através da ferramenta “*Segmentation*” (**Figura 1b**) que permite selecionar padrões de imagem pré-definidos, como os pontos claros da **Figura 1a**. Também, foi estudada a ferramenta “*Counts/Size*” que permite contar e determinar a área ocupada pela imagem selecionada. A **Figura 1c** mostra a aplicação da ferramenta “*Surface Plot*” que permite visualizar o relevo (pontos mais altos em vermelho e os mais baixos em azul) da superfície da amostra. Esta ferramenta é muito importante para o estudo de poros pois ela vai permitir sua identificação e a ferramenta anterior vai fornecer a área ocupada por poros, ou outra imagem selecionada, o número e a profundidade dos poros (**Figura 1c**).



Figura 1a



Figura 1b

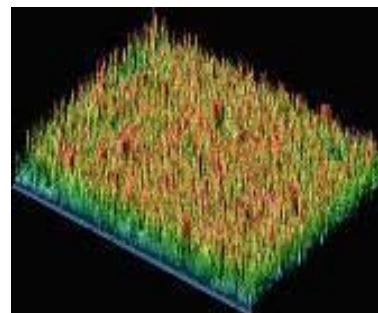


Figura 1c

Figura 1: (a) Imagem da amostra com incorporação de 10% do lodo coletado em agosto sinterizada a 850°C, (b) imagem da amostra da figura 1a com a aplicação da ferramenta “segmentation” e (c) imagem da amostra da figura 1b com aplicação da ferramenta “surface plot”.

Nas imagens da amostra com incorporação de 20% do lodo ETA coletado em agosto sinterizada a 1150°C ⁽³⁾ (**Figura 2 a**) foi selecionado através da ferramenta “Surface Plot” um poro (**figura 2b**) e um grão (**figura 2c**), observados pela diferença de cor que está associada com a profundidade deles em relação à superfície da amostra.

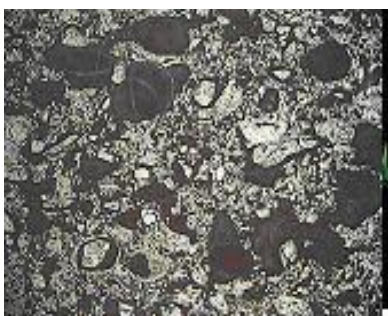


Figura 2a

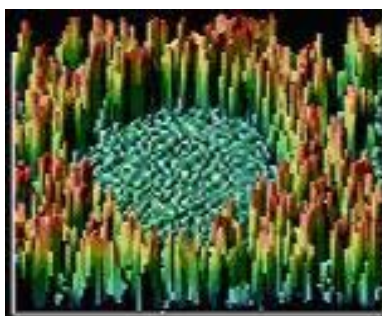


Figura 2b

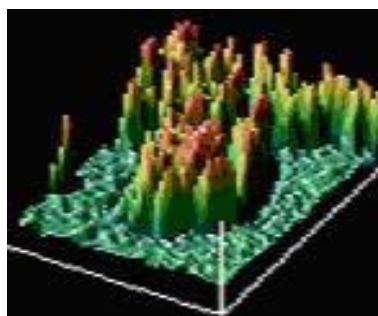


Figura 2c

Figura 2: (a) Imagem da amostra com incorporação de 20% do lodo coletado em agosto sinterizada a 1150°C, (b) imagem com aplicação da ferramenta “surface plot” em uma região selecionada na figura 2a aonde apresenta um poro e (c) imagem com aplicação da ferramenta “surface plot” em uma outra região selecionada na figura 2^a aonde apresenta um grão.

A **Figura 3a** é a imagem obtida da amostra de agosto com incorporação de 15% de lodo ETA e sinterizada a 1150 °C ⁽³⁾. A **Figura 3b** mostra a área de interesse, selecionada para aplicação das ferramentas do programa (surface plot, close filter e open filter). Os resultados obtidos com e sem a aplicação destas ferramentas serão comparados.

A **Figura 3c** mostra o resultado da aplicação da ferramenta de plotagem de superfície (Surface Plot) da região selecionada. Em duas dimensões a figura é observada em três cores (verde vermelho e azul) indicando diferentes profundidades (o azul marca os pontos mais profundos e o vermelho os pontos mais altos). A imagem também pode ser observada tridimensionalmente, como na **figura 3d**. Portanto, estas cores podem ser usadas para definir os grãos (cor vermelha) e os poros (cor azul) mais profundos, ou pontos intermediários (cor verde).

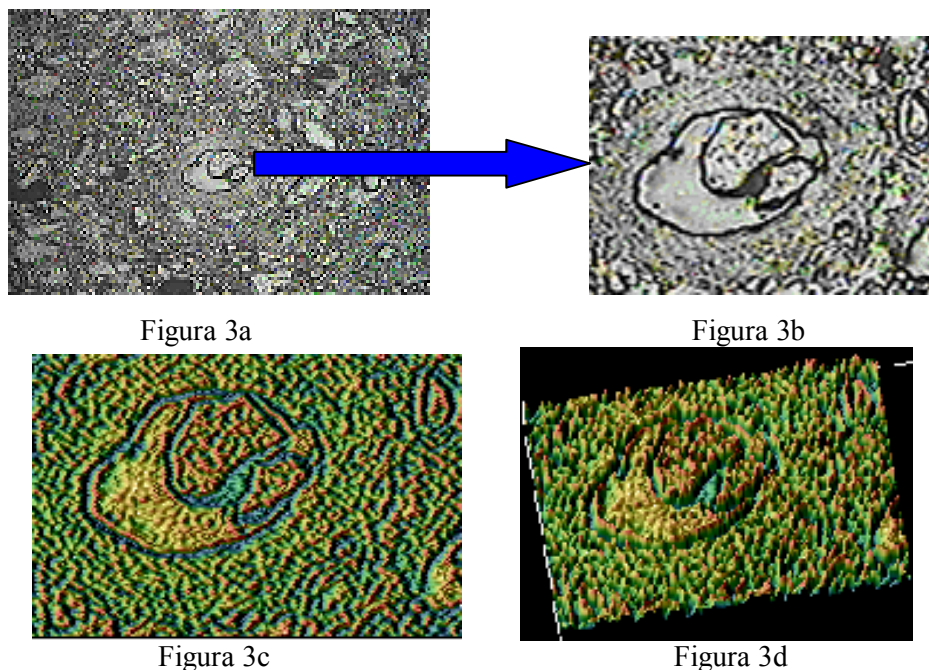


Figura 3: (a) Imagem da amostra com incorporação de 15% do lodo coletado em agosto sinterizada a 1150°C, (b) imagem da área de interesse de uma região selecionada na figura 3a aonde serão aplicadas as ferramentas do programa, (c) imagem com aplicação da ferramenta “surface plot” em uma visão frontal e (d) imagem com aplicação da ferramenta “surface plot” em um ângulo de rotação de 88°.

As ferramentas, Close e Open Filter, pertencem a caixa de filtros morfológicos. A Close Filter preenche vazios entre pontos brilhantes bem próximos (**Figura 4a**), suavizando os pontos que definem a imagem. Com isso, a nova imagem começa mostrar concentrações de pixels, apresentando células maiores, melhorando a visualização da imagem (Ver **Figuras 3c, 3d, 4b e 4c**). Portanto, melhora a resolução da imagem.

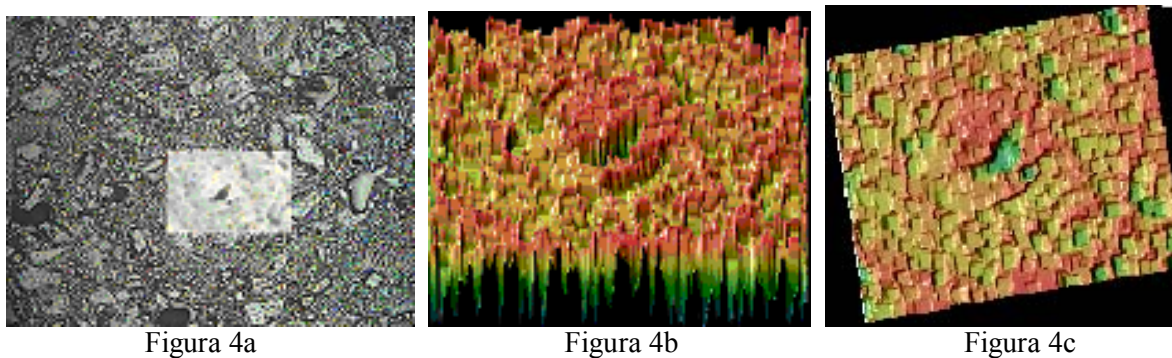


Figura 4: (a) Imagem da amostra com aplicação da ferramenta “close filter”, (b) imagem com aplicação da ferramenta “surface plot” em um ângulo de 77° e (c) imagem com aplicação da ferramenta “surface plot” em uma visão frontal.

Na **Figura 5a** foi aplicada a ferramenta Open Filter. Ela regulariza os contornos dos objetos, separa objetos estreitamente conectados e remove pequenos buracos escuros, em imagens contendo objetos claros em fundo escuro. A imagem é visualizada também através da plotagem de superfície (**Figura 5b e 5c**). Com isso pode-se obter uma imagem mais atenuada.

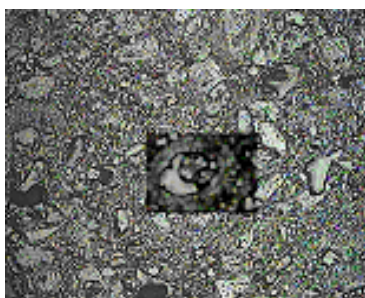


Figura 5a

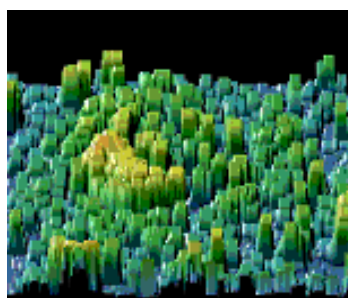


Figura 5b

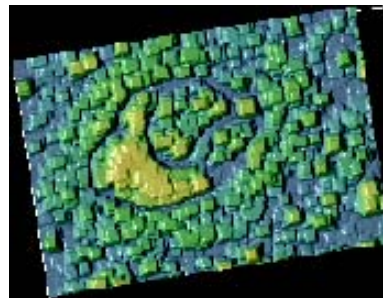


Figura 5c

Figura 5: (a) Imagem da amostra com aplicação da ferramenta “close filter”, (b) imagem com aplicação da ferramenta “surface plot” em um ângulo de 77° e (c) imagem com aplicação da ferramenta “surface plot” em uma visão frontal.

Estes resultados mostram que a aplicação do programa de análise de imagens é uma ferramenta poderosa para o estudo de materiais. A possibilidade de selecionar mineral de mesma cor, ajuda a contar e obter outras informações, como por exemplo a porosidade na superfície de uma amostra.

Analisando todas as imagens obtidas foi observado um maior número de grãos grandes de minerais, principalmente quartzo, na amostra de agosto onde a quantidade de areia no lodo é maior que nos outros meses. Também, é observada a formação de fase líquida em amostras com maior concentração de argila e maior temperatura de sinterização.

A aplicação do programa permite melhorar a qualidade das imagens, destacando pontos de interesse e permitindo obter de forma clara e objetiva informações necessárias sobre o material estudado.

Referências Bibliográficas

1. CERÂMICA VERMELHA, in Anuário Brasileiro de Cerâmica, Associação Brasileira de Cerâmica, São Paulo, 2002, pp. 74-78.
2. Piccoli, R., Castro, M. de, Montedo, O. R. K., Oliveira, A.P.N., Bertan, F.M., Determinação da porosidade de suportes cerâmicos pelo método de porosimetria de mercúrio e por análise de imagens: Um estudo comparativo – Parte 2, 49° CBC, São Pedro-SP, junho de 2005.
3. Aléssio, P., Teixeira, S.R., Efeito da data de coleta nas propriedades físicas de corpos de prova cerâmicos com lodo incorporado, 49° CBC, São Pedro-SP, junho de 2005.

Bolsa: CNPQ/PIBIC