

QUANTIFICAÇÃO DE MICROPARTÍCULAS COM O ANALISADOR MICROESTRUTURAL QUANTIKOV

Lúcio Carlos Martins Pinto⁽¹⁾
José Carlos Bressiani⁽²⁾

⁽¹⁾Físico, Mestre em Ciências e Técnicas Nucleares
⁽²⁾Engenheiro de Materiais, Doutor em Ciência dos Materiais

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho o *software* Quantikov, desenvolvido para automatizar, em ambiente Windows, o processo de quantificação de micropartículas, a partir de imagens microestruturais digitalizadas via *scanners* ou câmeras de vídeo. Este programa fornece facilidades para a obtenção de distribuições de área e volume de elementos microestruturais tais como grãos e poros, além de outros parâmetros, como fator de forma e perímetros. Para a conversão das distribuições planas em volumétricas, o programa Quantikov usa o método de Saltykov, o qual foi implementado de forma transparente para o usuário. O sistema Quantikov incorpora facilidades do ambiente Windows, oferecendo ao pesquisador uma ferramenta útil para a caracterização de elementos microestruturais em cerâmicas, metais e materiais biológicos.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição de elementos microestruturais em materiais cerâmicos, metálicos e biológicos é importante para o controle e, principalmente, para o estudo de suas propriedades. Para o projeto e desenvolvimento de novos materiais, a obtenção destas distribuições, principalmente quando volumétricas, torna-se necessária e indispensável. A metalografia quantitativa estabelece métodos que permitem obter estas distribuições, normalmente através de avaliações estatísticas, sendo necessário um número relativamente grande de medidas para que se possa ter uma boa precisão na análise. Um parâmetro fundamental no estudo das propriedades em materiais cerâmicos é a distribuição volumétrica dos elementos microestruturais, tais como grãos e partículas. A partir de uma distribuição plana destes elementos, podemos, com o uso de métodos estereométricos/1/, obter distribuições volumétricas. Para a conversão de uma distribuição plana para uma espacial o programa Quantikov utiliza o método de Saltykov/2,3,4,5/. Todavia, as imagens digitalizadas nem sempre apresentam qualidade adequada ao processamento por computadores, sendo necessário um pré-processamento da imagem original de forma a evidenciar os elementos que devem ser quantificados.

PROCESSAMENTO DE GRÃOS

Para o processamento de grãos é necessário primeiro obter-se uma imagem digitalizada da microestrutura a ser analisada. Para o *analisador microestrutural* Quantikov, não importa o processo pelo qual a imagem tenha sido obtida, seja via *scanner* ou câmera de vídeo, desde que o formato do arquivo da imagem seja *BMP* que é o formato padrão para o ambiente Windows. A *Figura 1* mostra uma imagem típica de uma microestrutura obtida via digitalização num scanner modelo HPScanjet IIC. Conforme pode ser facilmente

observado, esta imagem apresenta alguns *barrões* oriundos do processo normal de obtenção da fotomicrografia, portanto ela precisa passar por alguma *transformação* de forma a eliminar estas manchas. Estas transformações são funções ou técnicas de *PDI* (*Processamento Digital de Imagens*) que implicam numa modificação da imagem original e podem ser classificadas em transformações *pontuais* ou *locais*. Nas transformações pontuais, o nível de cinza de um ponto na imagem transformada depende só do nível de cinza do ponto na imagem original. Nas transformações locais, o novo nível de cinza de um ponto depende não só de seu antigo nível de cinza, mas também, dos níveis de cinza de seus vizinhos. Após aplicar a transformação adequada na imagem da *Figura 1* obtém-se uma nova imagem conforme mostrado na *Figura 2*. A imagem da *Figura 2* apresenta apenas 2 níveis de cinza, sendo conhecida como imagem *binária*. Ao clicar com o mouse sobre a palavra *funções*, indicada na tela da *Figura 1*, o usuário poderá acessar as funções disponíveis na atual versão do Quantikov. Entre estas funções encontra-se o processamento automático dos grãos e, também, o processamento manual. No processamento automático o sistema processa os grãos sem ser necessária a intervenção do operador, enquanto no processamento manual o elemento estrutural a ser processado tem que ser *apontado* com o *mouse*. O processamento de um grão implica em obter-se não apenas a sua área e perímetro mas, também, o fator de forma, as larguras máxima e mínima, e outros parâmetros. Internamente, durante o processamento, Quantikov faz um tratamento estatístico dos dados processados, como desvio padrão, maior área obtida entre os grãos, etc. Estes dados estatísticos ficam armazenados num *buffer* para serem posteriormente usados na geração de gráficos relativos a distribuição das micropartículas.

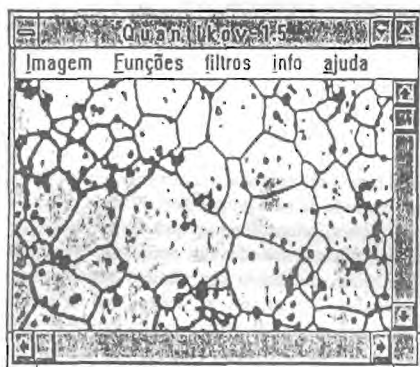


Figura 1 - Imagem original de uma microestrutura de amostra de urânio com aumento de 1000X, antes do pré-processamento.

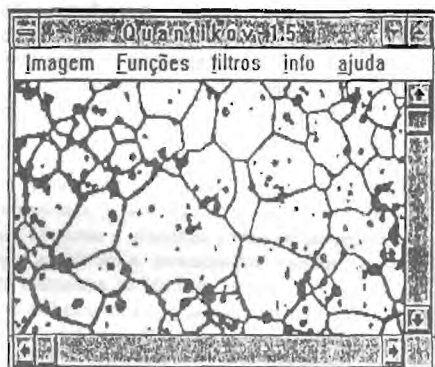


Figura 2 - Resultado da aplicação de um *operador limiar* na imagem da *Figura 1*, com corte no nível de cinza 190.

A operação para obter-se a *Figura 2* a partir da *Figura 1* é relativamente simples e o sistema Quantikov tem uma função que se aplica perfeitamente a esta situação. Esta função é uma técnica de *PDI* conhecida como *threshold*, a qual consiste numa transformação do tipo pontual. No Quantikov esta função foi denominada de *operador limiar*, sendo meramente uma transformação que aplicada numa imagem gera uma outra, que passa a ser constituída de pontos cujos níveis de cinza apresentam apenas os valores 0 e 255, que é o caso da imagem da *Figura 2*. Em alguns casos, diversos filtros precisam ser aplicados para se chegar a uma imagem com qualidade adequada. Há casos em que é preciso primeiro obter-se um *histograma* dos níveis de cinza

para, a seguir, escolher o nível de cinza adequado para aplicação do *operador limiar*. Em geral, o *limiar* adequado encontra-se entre os picos apresentados no histograma. Conforme pode ser visto na *Figura 2*, a aplicação deste *operador* gerou uma *nova imagem* com qualidade adequada ao processamento dos elementos microestruturais, neste caso, os grãos. É importante salientar, que existem situações em que operações mais complexas precisam ser aplicadas na imagem original, quando esta não for produzida com qualidade adequada. Há casos em que transformações locais e pontuais precisam ser aplicadas em conjunto, de forma a obter-se melhor realce dos contornos dos elementos da microestrutura.

PROCESSAMENTO DE UM ÚNICO GRÃO

O programa Quantikov apresenta facilidade para o processamento de um único grão sendo, naturalmente, uma operação mais demorada, mas muitas vezes útil e necessária. Para indicar qual objeto será processado, o operador deve deslocar o cursor do mouse até o grão e *cliquear*. A *Figura 3* (direita) mostra uma *imagem com alguns grãos já processados*, usando-se a modalidade de processamento grão a grão. A operação consiste simplesmente em apontar e *cliquear*. Após cada processamento, o grão processado é mostrado *hachurado* ou mesmo *colorido* dependendo do tipo de *hardware* e que configuração o usuário esteja usando. Este hachuramento tem a *simples função de indicar o elemento já processado*, facilitando o trabalho do operador. Para gerar dados estatísticos adequados o analisador Quantikov exige que o operador tenha processado um *nr. adequado de elementos* e, no caso de um erro do operador, o sistema emite mensagem para alertar sobre um eventual mal uso. Esta facilidade para o processamento de um único grão *pode ser usada para obtenção de áreas de Figuras fechadas* quaisquer, como áreas abaixo de curvas, ou mesmo áreas de células ou tumores em materiais biológicos, caso o usuário esteja trabalhando com imagens deste tipo. Após o hachuramento da região processada, o programa Quantikov obtém não apenas a área mas também diversos outros parâmetros pertinentes ao elemento, da mesma forma como é feito para o processamento automático.

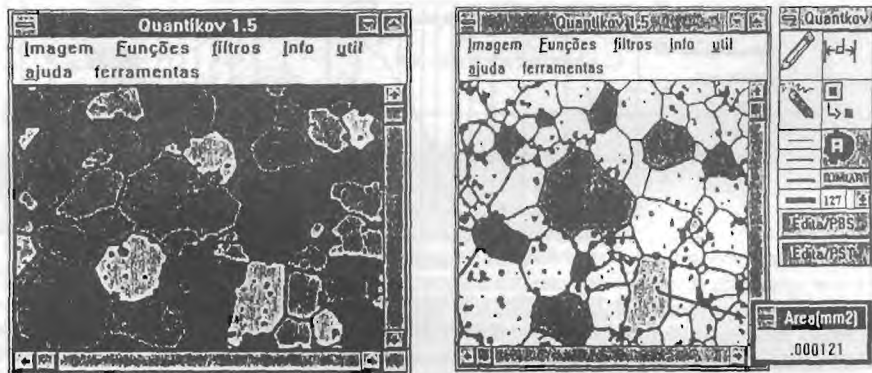


Figura 3 - Na imagem da esquerda todos os elementos foram processados automaticamente, sem intervenção do operador. Na imagem da direita o operador processou um elemento de cada vez. Para isso o ícon para medição de áreas foi acionado, conforme indicado. A cada toque do mouse a área do elemento é indicada, mas outros parâmetros relativos ao elemento processado são também calculados e guardados em buffers para serem posteriormente mostrados em relatórios.

RESULTADOS DO PROCESSAMENTO

Quantikov apresenta resultados na forma de *gráficos de distribuição e tabelas*. Quando o módulo de geração de gráficos é carregado, os dados de entrada são automaticamente acessados no *buffer de memória* onde foram *alocados* na fase do processamento dos grãos. Estes dados poderiam ter sido guardados em arquivos em disco, todavia o acesso ao disco fica muito lento, e por essa razão Quantikov mantém dados sempre preferencialmente na memória. Eles são gravados em disco somente após a geração dos gráficos de distribuição. Os dados que ficam guardados na memória referem-se a medidas de diâmetro da esfera equivalente das seções de corte obtidas diretamente nas micrografias, através do processamento dos grãos anteriormente descrito. Quantikov tem recursos para geração de diversos gráficos de distribuição, gerando também um gráfico tipo *semilog* conforme mostrado na *Figura 4*. O gráfico semilog apresentado é o resultado da aplicação do método de Saltykov para obtenção da distribuição tridimensional de tamanhos dos grãos. A partir da tela apresentada na *Figura 4*, o usuário pode ter acesso aos dados da distribuição ao acionar com o mouse no ícone *dados*. Inúmeros outros recursos estão disponíveis no sistema Quantikov e poderão ser acessados de forma *amigável* sem necessidade de serem descritos aqui. O gráfico semilog apresentado na *Figura 4* é o tipo usual de gráfico para distribuições de micropartículas pois elas seguem uma distribuição próxima da log-normal, o que tem sido verificado em um grande número de distribuições medidas. Como uma alternativa ao gráfico semilog, o programa Quantikov pode mostrar as distribuições na forma de tabelas (ver tabela 1). Ainda com base nos resultados da distribuição volumétrica calculada pelo método de Saltykov, outros parâmetros importantes como a relação *Superfície/Volume* e o *Intercepto médio* são também obtidos.

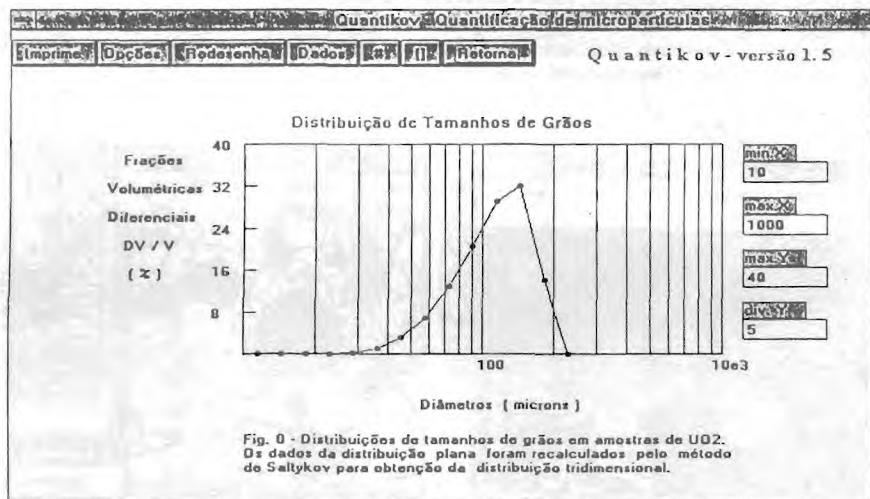


Figura 4- Exemplo de uma tela gerada pelo sistema Quantikov. O gráfico apresentado refere-se a uma distribuição volumétrica de tamanhos de grãos, obtida a partir do processamento de uma imagem plana da microestrutura.

Para maior facilidade do usuário, todos os textos que aparecem no exemplo da *Figura 4* podem ser reeditados com um simples *clique* do mouse sobre a região escolhida, sendo também desnecessário o uso de um outro sistema para geração dos gráficos de distribuição. A *Figura 4* mostra uma opção para impressão do gráfico em questão, sendo totalmente independente de qual impressora esteja conectada ao sistema, desde que ela esteja devidamente instalada para o ambiente Windows. Ainda na *Figura 4*, a opção *dados* possibilita o acesso à distribuição volumétrica calculada pelo método de Saltykov. O comando *imprime* não apenas imprime mas envia este gráfico para o *clipboard* do ambiente Windows podendo ser capturado dentro de qualquer texto do editor Winword, agilizando enormemente o trabalho para quem quer editar um trabalho científico, enquanto obtém dados microestruturais a serem inseridos no texto. Quantikov grava alguns arquivos em disco relativos ao processamento dos grãos, os quais podem ser consultados posteriormente. Um arquivo com nome *Quantkov.prn* mostra dados de todos os elementos devidamente numerados na ordem em que foram processados, porém sem serem ainda classificados segundo as classes de Saltykov. Este arquivo poderá ser útil caso o usuário deseje classificar os elementos segundo um outro método diferente do Saltykov. Um outro arquivo importante é o *graos.prn* o qual contém o resultado final da aplicação do método de Saltykov. Este tem um formato parecido com o mostrado na tabela 1, logo abaixo.

Quantikov 1.5 - Resultado do processamento de Grãos

classe Saltykov	diâmetro (micron)	fração volumétrica diferencial (%)	Dados obtidos a partir da distribuição volumétrica calculada pelo método de Saltykov
1	15.33	13.81	Relação Superfície / Volume (1 / micron) = 0.34 Intercepto médio (micron) = 5.9
2	12.18	27.91	
3	9.67	25.00	
4	7.68	16.94	
5	6.10	9.57	
6	4.85	4.27	
7	3.85	1.57	

Tabela 1 - Resultado do processamento dos grãos para a microestrutura apresentada na *Figura 1*.

REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA UTILIZAÇÃO DE QUANTIKOV

O programa Quantikov é um analisador de imagens microestruturais desenvolvido para o ambiente Windows. Do ponto de vista do processamento computacional, este ambiente por si só já exige muito em termos de *hardware*, não sendo aconselhável instalar Windows em máquinas com menos que 4 Mb de memória RAM. O sistema Quantikov processa imagens que podem ocupar muito espaço em memória e, portanto, para trabalhar adequadamente, este sistema necessita máquinas com 8 Mb de RAM, ou que tenham 4 Mb de RAM e mais 10 Mb de memória livre em disco. Todavia, é importante observar e alertar aos usuários para o fato de que o uso de programas compactadores que *dobram* o espaço em disco pode mascarar estes valores. Atendendo para estes cuidados, o requisito imprescindível é que o usuário tenha bom conhecimento do ambiente Windows, e tenha facilidades para obtenção das imagens microestruturais digitalizadas, seja via *scanners* ou câmeras de vídeo.

CONCLUSÕES

O analisador de imagens microestruturais Quantikov, na versão 1.5, constitui uma ferramenta simples e amigável para o processamento e obtenção de parâmetros microestruturais a partir de imagens digitalizadas. Analisadores comerciais geralmente são dedicados ao *hardware* para o qual foram projetados, sendo comercializados sempre em conjunto com os seus equipamentos óticos e computacionais. O sistema Quantikov não apresenta nenhuma dependência de *hardware*, sendo compatível com quaisquer impressoras, seja laser ou matricial. Uma exigência de uma plataforma Windows não é absolutamente restritiva, uma vez que este ambiente é conhecido e usado por milhões de pessoas em todo o mundo. O analisador Quantikov é um sistema que implementa de forma transparente o método estereométrico de Saltykov, permitindo a obtenção da distribuição volumétrica dos elementos, enquanto em outros sistemas obtém-se uma distribuição plana. Na sua versão final a implementação de novos algoritmos, ou outros métodos, será extremamente fácil e amigável, sendo esta uma etapa já incluída no projeto final do sistema. A referência 6 apresenta outros detalhes complementares, necessários para o uso adequado do analisador Quantikov.

REFERÊNCIAS

- /1/ DeHOFF, R.T. & RHINES, F.N. Quantitative Microscopy, McGraw Hill Book Company, New York, p.151, 1968.
- /2/ SANTOS, A.M.M., LAMEIRAS, F.S., BRAGA, J.D. Aplicação do método de Saltykov para determinação da distribuição volumétrica de poros e grãos. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Cerâmica e III Iberoamericano de Cerâmica, Vidro e Refratário.
- /3/ SALTYKOV, S.A.. Stereometrische Metallographie, VEB Deutscher Verlag fuer Grundstoff-industrie, Leipzig, p.252, 1974.
- /4/ PINTO, L.C.M. et al. Desenvolvimento de um analisador de imagens de materiais. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Cerâmica e III Iberoamericano de Cerâmica, Vidro e Refratário.
- /5/ PUJOL, J.C.F. et al. Analisador de Imagens de Materiais-ANIMAT. Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN - Belo Horizonte - MG
- /6/ PINTO, L.C.M. Quantificação de micropartículas pelo método de Saltykov - Implementação para o ambiente Windows. Congresso Brasileiro de Cerâmica /1994.