

TRATAMENTO DIGITAL DE IMAGENS II :
UMA APLICAÇÃO METALOGRAFICA

P. Craievitch, M. Garcia do O', E. G. Galúcio, S. Paciornik,
R. A. Nunes, F. C. Rizzo Assunção

Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia PUC-RJ

Introdução

No estudo de materiais frequentemente é necessária a análise de imagens de microscópio, para obter parâmetros de importância na caracterização de microestruturas e permitir o relacionamento destas com as propriedades físicas observadas. O campo de estudos envolvido com a análise, descrição e quantificação de microestruturas é denominado Metalografia Quantitativa.

Dois exemplos de parâmetros importantes em metalografia quantitativa são a fração volumétrica de cada fase em materiais multifásicos e a área de contornos de grão (bordas) por unidade de volume. Embora representem propriedades tridimensionais, é possível demonstrar [1-4] que a medição destes parâmetros pode ser feita em uma imagem bidimensional, desde que a seção considerada seja representativa. Tradicionalmente o processo de obtenção destas informações é feito pela coleta manual de dados intermediários, seguindo-se um processamento estatístico adequado.

Uma aplicação natural do tratamento digital de imagens é a automação deste processo. Muitos esforços neste sentido tem sido feitos por empresas de microscopia em âmbito internacional, que oferecem equipamentos sofisticados para a análise de imagens, porém a um custo muito elevado.

O Grupo Integrado de Materiais (GIM) da PUC-RJ, constituído pelos departamentos de Física e de Ciência dos Materiais e Metalurgia, está desenvolvendo um sistema de tratamento digital de imagens que permite resultados eficientes e rápidos na obtenção de dados e de seu processamento [5].

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados até agora obtidos, na determinação dos dois parâmetros microestruturais acima referidos, através da aplicação de 'software' de âmbito geral.

Instrumental

O sistema de tratamento de imagens é constituído por um microscópio ótico metalográfico, uma câmara portátil de vídeo, um sistema digitalizador, um monitor e um microcomputador compatível com o IBM-XT.

A imagem a ser processada é capturada pelo digitalizador através de uma câmara acoplada ao microscópio. O digitalizador é controlado pelo microcomputador e se comunica com este via uma porta série. A imagem digitalizada é composta por 244 linhas de 256 pontos. Cada ponto pode assumir 64 tons de cinza entre 0 (preto) e 63 (branco).

Software [6-8]

A imagem transformada em uma matriz de pontos pode ser armazenada em disco e processada matematicamente pelos programas. O conjunto de programas, desenvolvidos no GIM, está integrado por um ambiente de gerenciamento que agiliza e torna interativo o sistema. Este conjunto pode ser dividido em quatro grupos:

- i) Captura a imagem
- ii) Mostra a imagem
- iii) Trata a imagem
 - Filtros de ponto: Inversão, Modificação de Histograma Soma e Subtração de Imagens e outros
 - Filtros de área (convoluções): Passa Baixa e Realça Alta frequência Espacial, Kernel e outros
- iv) Utilitários : Histograma, Zoom, Transformada de Fourier, Compressão, Gerenciamento de Arquivos e outras funções.

Resultados experimentais

O primeiro exemplo a ser considerado é a determinação da fração volumétrica das fases distintas de um material. Na imagem, as diferentes fases aparecem com diferentes tons. É preciso distinguir, em última análise, quantos pontos da matriz imagem correspondem a cada fase. Para uma amostra de duas fases, procura-se obter um contraste claro-escuro que permita separar as regiões de cada fase com base na diferença de tonalidades.

Para tanto usa-se o filtro Binário que faz todos os pontos a partir de um determinado tom de cinza irem para 0 (preto) e os outros para 63 (branco). A escolha do tom limite deve ser feita

com critério para que não ocorra perda de informação ou alteração da imagem.

Na avaliação de fração volumétrica foram utilizadas duas amostras distintas, uma de Cu-In (fig.1) e outra de uma peça de aço sinterizado produzida por metalurgia do pó (fig.4).

No primeiro caso (fig.1), existe uma fase rica em cobre e outra rica em índio, diferenciadas pela sua tonalidade. O número de pontos em cada tom da imagem original produz o histograma da figura 2. Neste histograma percebe-se nitidamente duas regiões de tonalidades diferentes, separadas por um vale, correspondendo às duas fases. O problema é descobrir, no histograma, onde se localiza o tom limite, abaixo do qual tudo será considerado preto, e acima, branco. Para fazê-lo utiliza-se o histograma local, sobre a região mais crítica de uma fase (por exemplo, a região mais escura da fase clara). Com base no histograma local, o valor do tom limite é escolhido, levando a imagem final da figura 3.

No segundo caso (fig.4), as regiões escuras correspondem aos poros decorrentes do processo de fabricação. Devido a imagem ser muito clara, problemas de iluminação não uniforme e manchas nas lentes exigem um processamento mais elaborado. A simples aplicação do filtro binário causa a perda de informação (fig.5)

Este problema foi contornado comparando-se a imagem a ser tratada com o fundo branco (fig.6) que contém apenas as sombras das lentes e da iluminação. Como as manchas são escuras e é desejável removê-las, inverteu-se o fundo, tornando-as claras. Em seguida, somou-se o resultado com a imagem a ser tratada, produzindo a imagem vista na figura 7, que quando binarizada resultou na fig 8. (Note que somar uma imagem ao inverso de outra é diferente de subtrair as imagens).

Os cálculos de metalografia quantitativa podem ser feitos a partir do número de pontos em cada região do binário. A percentagem volumétrica de cada fase, é idêntica a fração de área correspondente na imagem [1,2]. Para tornar a amostragem mais significativa, observa-se várias regiões da amostra. A tabela abaixo mostra uma análise volumétrica feita na amostra sinterizada, utilizando-se nove regiões para observação.

Fração Volumétrica de Poros em um Aço Sinterizado

$$\% \text{ Vol} = \% \text{ Area} = (\text{Num. de pontos pretos} / \text{Num. total de pontos}) \times 100$$

aumento: X 500

Campo	n° de pontos pretos	%	
1	4819	7.7	
2	3398	5.4	
3	4338	6.9	
4	3467	5.6	Vv (média) = 6.3
5	3027	4.8	
6	4758	7.6	$\sigma = 1.1$
7	4527	7.2	
8	3414	5.5	
9	3691	5.9	

O segundo exemplo trata do delineamento da região de contorno de grão. Para este fim, usamos os pacotes de filtros de área PASSA ALTA e CONTORNO. O primeiro consiste em um algoritmo que localiza altas frequências de variação de intensidade e as realça. O segundo utiliza um algoritmo mais poderoso e inteligente que localiza um contorno dada sua faixa de variação de intensidade e sua orientação.

Obteve-se resultados como mostrados na figura 9 (PASSA ALTA de uma imagem com somente dois tons). A figura 10 apresenta a soma do contorno com a imagem original, onde pode ser constatada a eficiência do algoritmo para delinear os contornos da microestrutura.

Conclusão

A metalografia quantitativa representa um campo bastante adequado ao emprego de análise digital de imagens e processamento por computador.

No DCMM/PUC-RJ está sendo desenvolvido um sistema de tratamento de imagens de baixo custo, direcionado para os problemas relacionados com a descrição de microestruturas metalográficas.

Os primeiros resultados foram satisfatórios. Os passos seguintes são: Implementação de programas inteligentes dedicados, Automação do processamento de dados, Melhoramento do sistema (Melhor sistema ótico, melhor câmera, digitalizador mais rápido,

melhor monitor), implementação de rotinas de morfologia, implementação de reconhecimento de padrões.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da FINEP e da FAPERJ, M. G. do O' e E. G. Galúcio agradecem a bolsa de iniciação científica do CNPq

Bibliografia

- [1] DeHoff, R. T. & Rhines, F. N. ; "Quantitative Microscopy", McGraw Hill Co. , New York, 1968.
- [2] DeHoff, R. T. ; "The mathematical Foundations of Stereology", proceedings of the Fourth International Congress For Stereology, Gaithesburg, Mariland, 1975.
- [3] Underwood, E. E. ; "Quantitative Stereology", Addison-Wesley Publ. Co. , Massachussets, 1970.
- [4] Underwood, E. E. ; "Quantitative Metallography" in Metals Handbook, 9 edition, Vol 9, American Society for Metals, 1985.
- [5] Galúcio, E. G. , Paciornik, S. , Nunes, R. A. , Scavarda do Carmo, L. C. ; "Tratamento de Digital de Imagens I : Descrição de um Sistema", a ser publicado.
- [6] Dawson, B. M. " An Introduction to Image Processing Algorithms", Byte, março 1987
- [7] Ciarcia, S. ; "Using The ImageWise Video Digitizer" Byte, Julho 1987
- [8] Mascarenhas, N. G. A. e Velasco, F. R. D. "Processamento Digital de Imagens", 1984



Fig 1 - Imagem digitalizada da amostra de cobre-índio

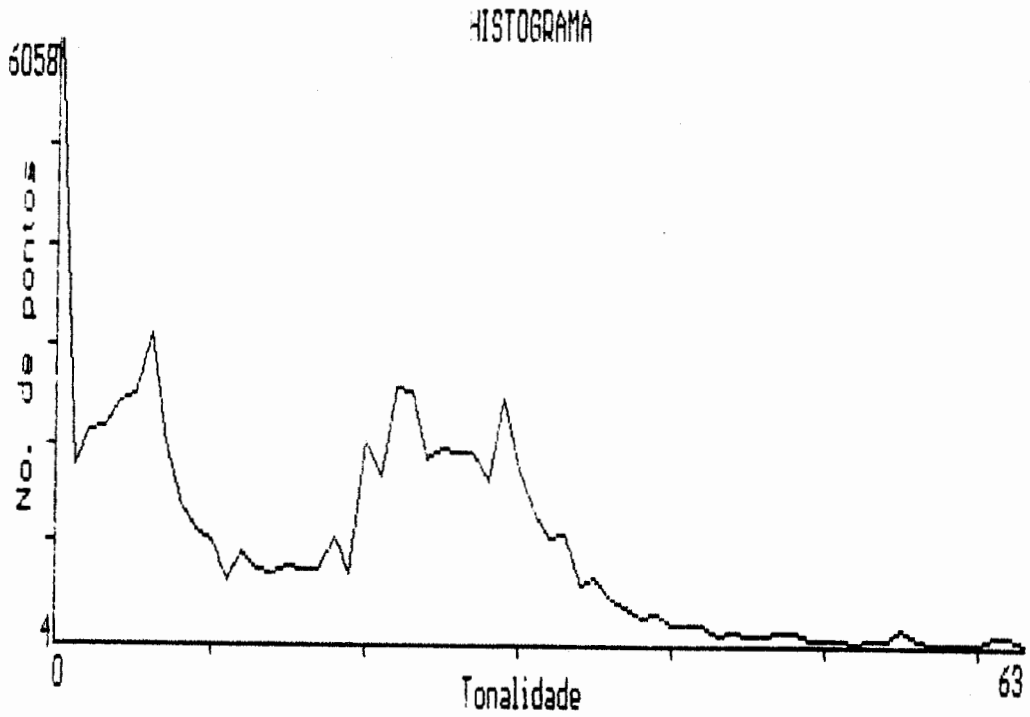


Fig 2 - Histograma de tonalidades da figura 1



Fig 3 - Imagem binarizada da figura 1



Fig 4 - Imagem digitalizada da amostra de
aço sinterizado



Fig 5 - Simples binário aplicado a figura 4



Fig 6 - Imagem do fundo "branco" com suas manchas

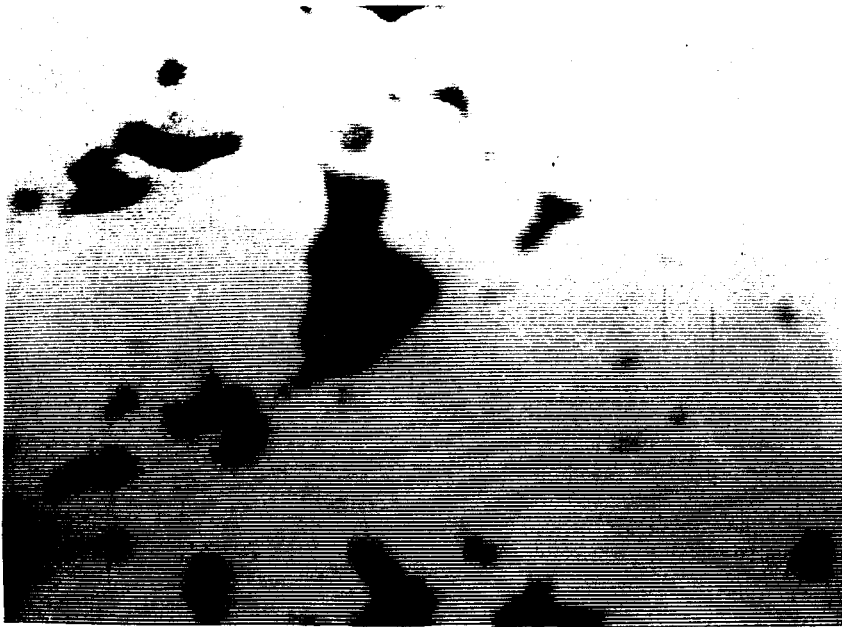


Fig 7 - Imagem (fig. 4) tratada com o fundo



Fig 8 - Binário final (da figura 7)

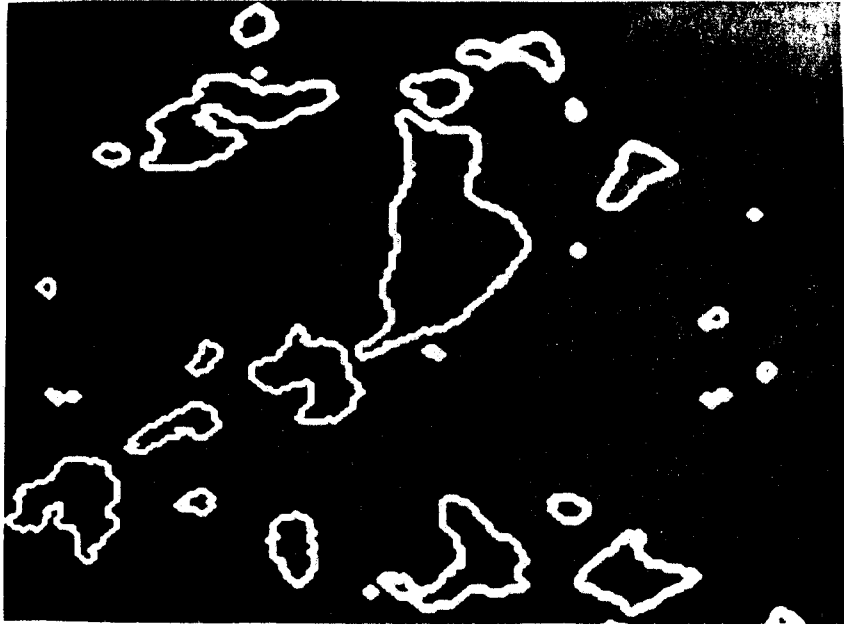


Fig 9 - Borbas detectadas pelo filtro passa alta sobre a figura 8



Fig 10 - Soma das figura 9 e 4