

# **CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE FRAÇÕES DE FASE EM UM AÇO BIFÁSICO**

**Aluno: Mayara Guilherme Marzano**

**Orientadores: Sidnei Paciornik e Marcos Henrique de Pinho Maurício**

## **Resumo**

Desenvolver procedimentos automáticos, baseados em microscopia digital e análise de imagens, para a quantificação de microestruturas em aços.

## **Introdução**

A microestrutura dos aços é fundamental para suas propriedades mecânicas (como resistência, tenacidade, etc.). Parâmetros como fração de fases, tamanho de grão, bandeamento e anisotropia (característica proveniente da variação de uma certa propriedade física com a mudança de direção), são fundamentais na caracterização microestrutural. As técnicas tradicionais de medida são muito limitadas, fortemente dependentes do operador, pouco reprodutíveis e lentas.

A microscopia digital oferece métodos de captura de imagens e quantificação, efetivamente automatizando diversos procedimentos de análise. Estes procedimentos eliminam diversas das limitações dos métodos clássicos da metalografia quantitativa, melhorando a eficiência, a exatidão e a reprodutibilidade.

Este projeto se enquadra dentro de um convênio de escopo mais abrangente entre o Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) da PUC-Rio e o Centro de Pesquisas da Usiminas, dentro do qual estão sendo desenvolvidos diversos procedimentos para automatização da caracterização de materiais.

## **Objetivos**

O principal objetivo do trabalho é desenvolver uma metodologia para automatizar o procedimento de medida de fração de fases em um aço bifásico.

Para isso, os seguintes procedimentos foram realizados:

- Avaliar as diferentes amostras de aços, fornecidas pela Usiminas, com diferentes características microestruturais.

- Capturar imagens de microscopia ótica com diferentes aumentos, utilizando a opção de imagens em mosaico para comparar áreas equivalentes.

- Desenvolver rotinas automáticas de processamento e análise para quantificar o parâmetro de fração de fases.

## **1 Avaliação das diferentes amostras**

A Usiminas forneceu um conjunto de 6 amostras de diferentes aços denominados: L016G; L017G; L160G; L190G. Essas amostras já se encontravam preparadas metalograficamente (o plano de interesse da amostra é cortado, lixado, polido e atacado com reagente químico, de modo a revelar as interfaces entre os diferentes constituintes do aço) para observação em microscopia ótica.

### **1.1 Capturar imagens com diferentes aumentos**

O primeiro passo foi capturar várias imagens através de uma câmera CCD, AxioCam MRc5, acoplada a um microscópio ótico Imager.M2m da Carl Zeiss, totalmente motorizado (estágio, lentes, etc), controlado pelo software AxioVision. Foi desenvolvida uma rotina utilizando o módulo Wizard (conjunto de operações pré-definidas no software para processamento de imagens e extração de atributos) no AxioVision para análise automática.

Para tornar este método mais versátil, optou-se por desenvolver também uma macro no módulo “Script”, onde é possível realizar adaptações, como a introdução de novas funções/operações, visto que o Wizard é limitado. A macro executa a sequência clássica de funções: pré-processamento; segmentação; pós-processamento das imagens; medidas.

Como as fases dos aços eram distintas, sua microestrutura mostrou ser sensível ao uso dos diferentes aumentos. Diversos parâmetros de aquisição e processamento das imagens podem alterar a fração de fase medida. No presente trabalho foi testada a influência do aumento, variando a lente objetiva utilizada, do limiar tonal de separação entre as fases de interesse, e da aplicação de uma operação de eliminação de bordas espúrias.

Para cada amostra foram obtidas 20 imagens em diferentes lentes objetivas (aumentos diferentes) para avaliar o impacto do aumento nas medidas realizadas. Em algumas amostras foram utilizadas as lentes de 20x e 50x em outras de 50x e 100x (em função da sua microestrutura, a qual mostrou ser demasiadamente pequena, correndo o risco de superestimar o resultado contando com os contornos de grão). Para fins de comparação entre as lentes, foi usado um mosaico de 3x3 para a lente de 50X e 1x1 para a lente de 20X. Analogamente, nos casos onde foram usadas as lentes de 50X e 100X, foram capturados mosaicos 2x2 para as

lentes de 100X e 1x1 para as lentes de 50X (visto que o campo da lente de 100X equivale à  $\frac{1}{4}$  do campo da lente de 50X). Como exemplo, segue a figura 1 que retrata o procedimento do uso do mosaico e os gráficos 1 e 2 mostrando o impacto na medida.

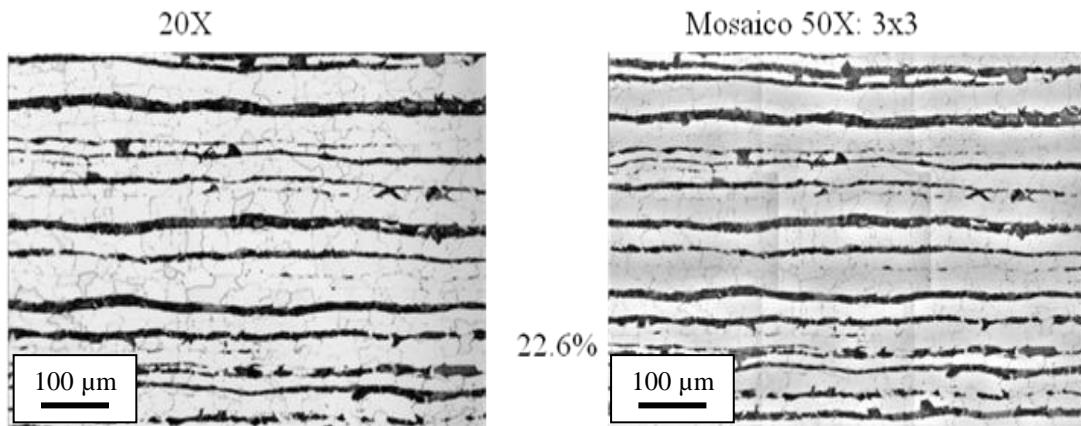


Figura 1 – Emprego do mosaico para estudo do impacto da lente sob medição no aço L016G

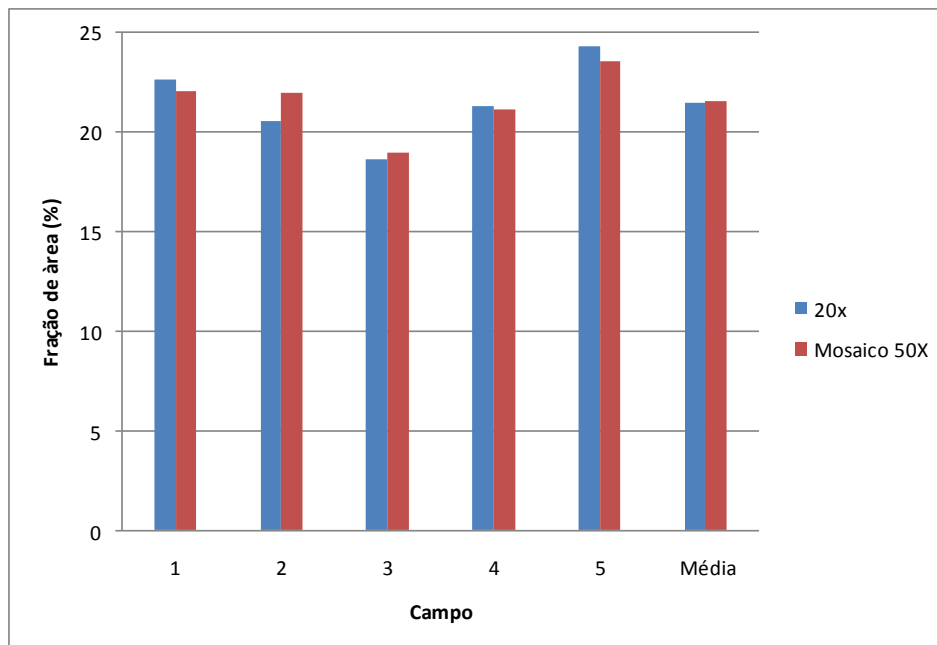


Gráfico 1 - Porcentagem de fração de fase do aço L016G com a lente de 20X

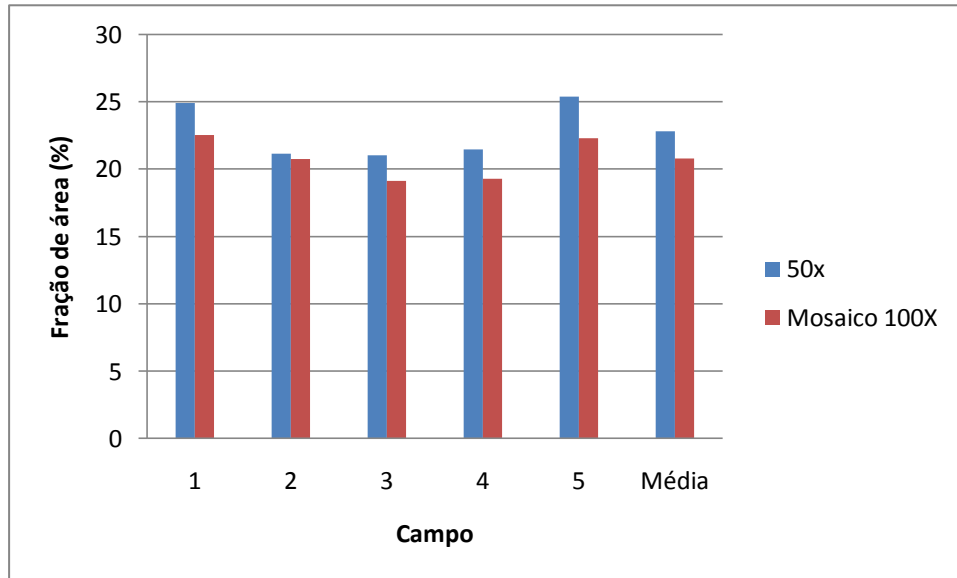
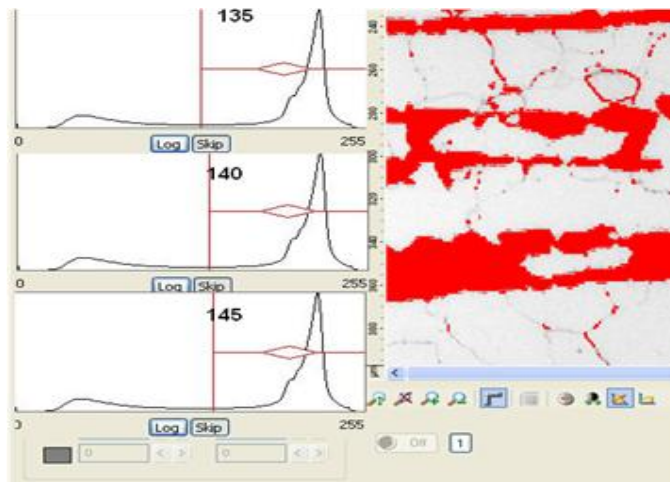


Gráfico 2 - Porcentagem de fração de fase do aço L016G com a lente de 50X

## 2 Desenvolver rotinas automáticas de processamento e análise para quantificar o parâmetro de fração de fases.

Para observar o impacto do limiar tonal (“Threshold”), realizaram-se testes preliminares de sensibilidade da medida de fração de fase, variando manualmente cerca de 5% do valor automático de limiar fornecido pelo programa (veja figura 2 e gráfico 2).



	135	140	145
Média	22,5	22,8	23,1

Figura 2 – Variação de limiar tonal (135, 140 e 150) e impacto sobre a fração de fase.

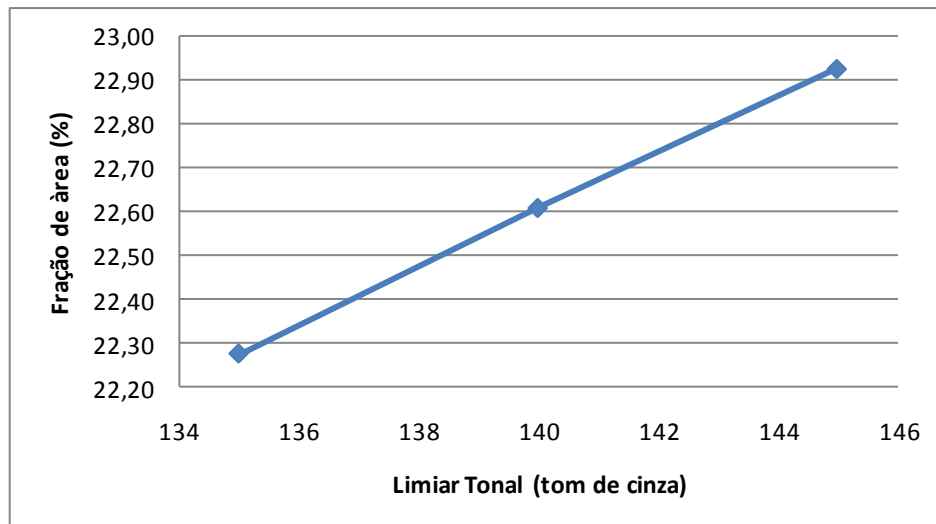


Gráfico 3 - Variação de limiar tonal (135, 140 e 150) e impacto sobre a fração de fase.

Na figura a seguir (figura 3), observa-se uma maior quantidade de pontos vermelhos sobre os contornos de grão, superestimando os resultados.

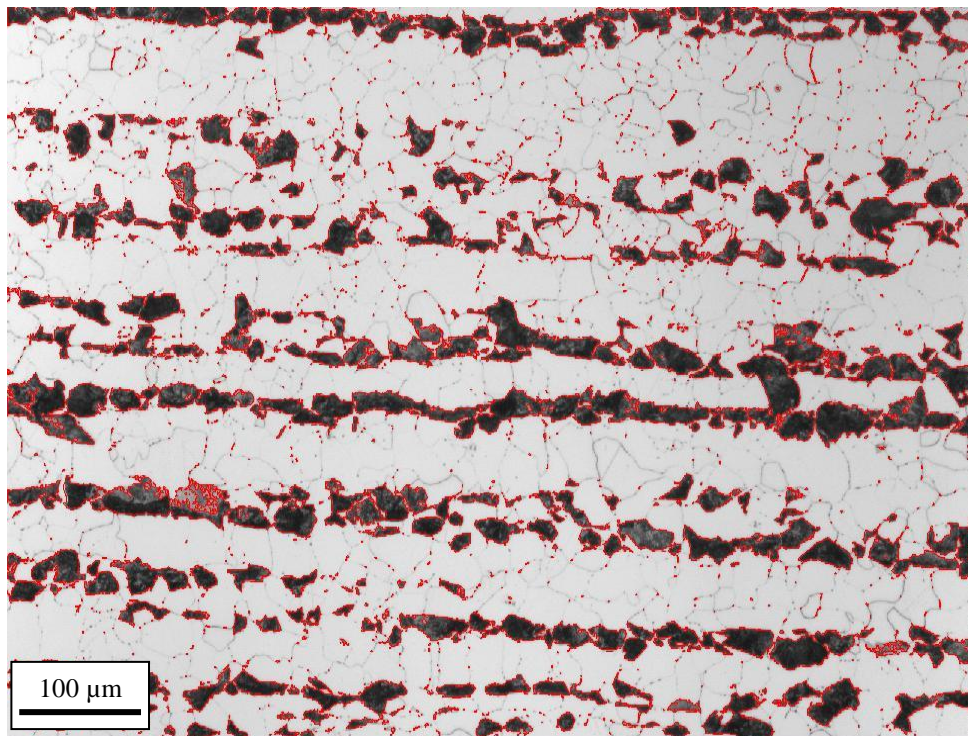
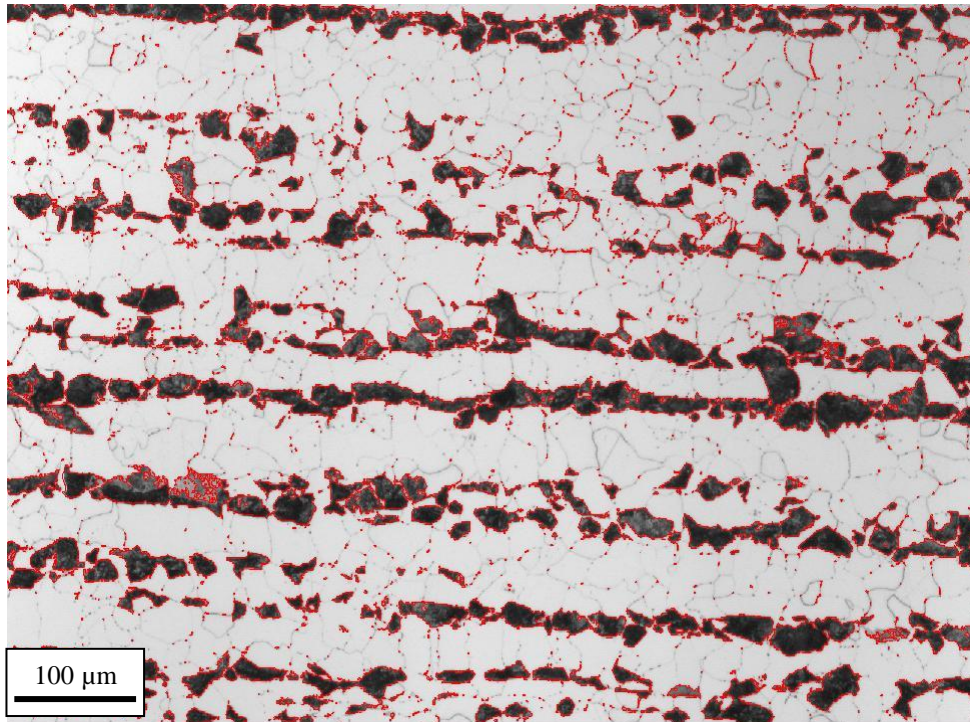


Figura 3 - "Threshold" 135

A figura 4 retrata o uso do “Threshold” automático fornecido pelo AxioVision.



**Figura 4 – “Threshold” 140**

A seguir, na figura 5, é notória a desapareção de uma maior quantidade de pontos vermelhos, melhorando o desempenho do programa na medição. Porém este resultado também está nos dando uma perda das frações de fase que queremos medir, pois possui a mesma tonalidade de cinza do “Threshold” fornecido.

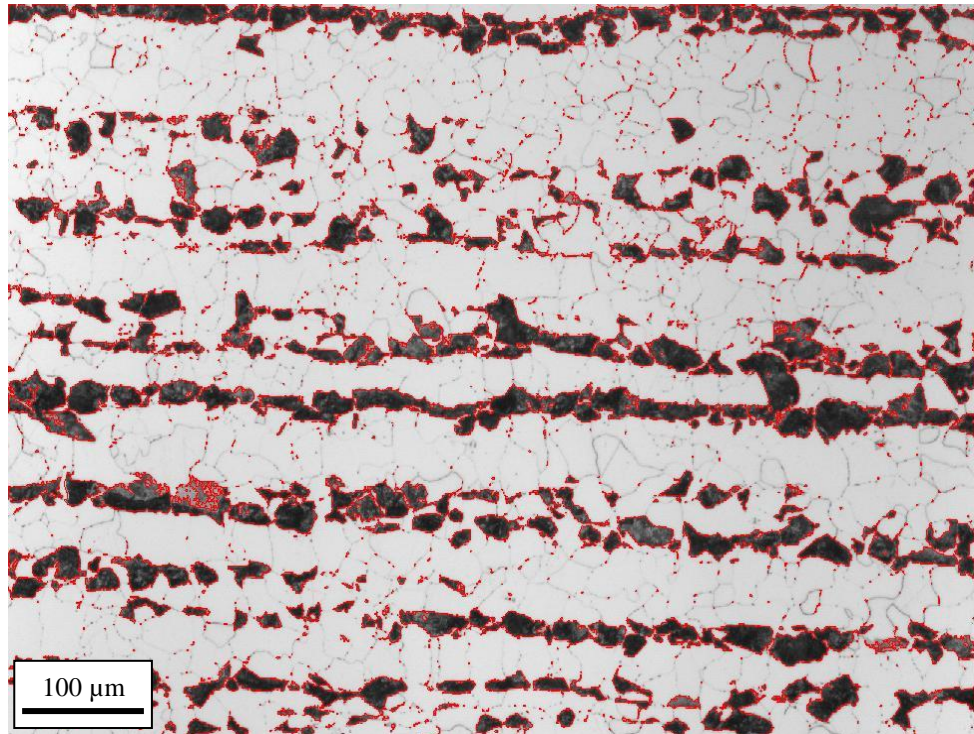


Figura 5 – “Threshold” 145

Como dito anteriormente, as medidas são afetadas pela presença de contornos de grão com tonalidade similar à da fase de interesse. Parte destes contornos é incluída junto com a fase de interesse, superestimando o resultado. Para reduzir este erro, utilizou-se uma operação morfológica de abertura, variando o elemento estruturante entre uma vizinhança em cruz e em quadrado (parâmetros “cross” e “square”). Esta operação elimina objetos finos, como os contornos, causando pequena alteração de forma na fase de interesse.

As figuras seguintes ilustram o impacto dessa variação sobre a medida de fração de fase.

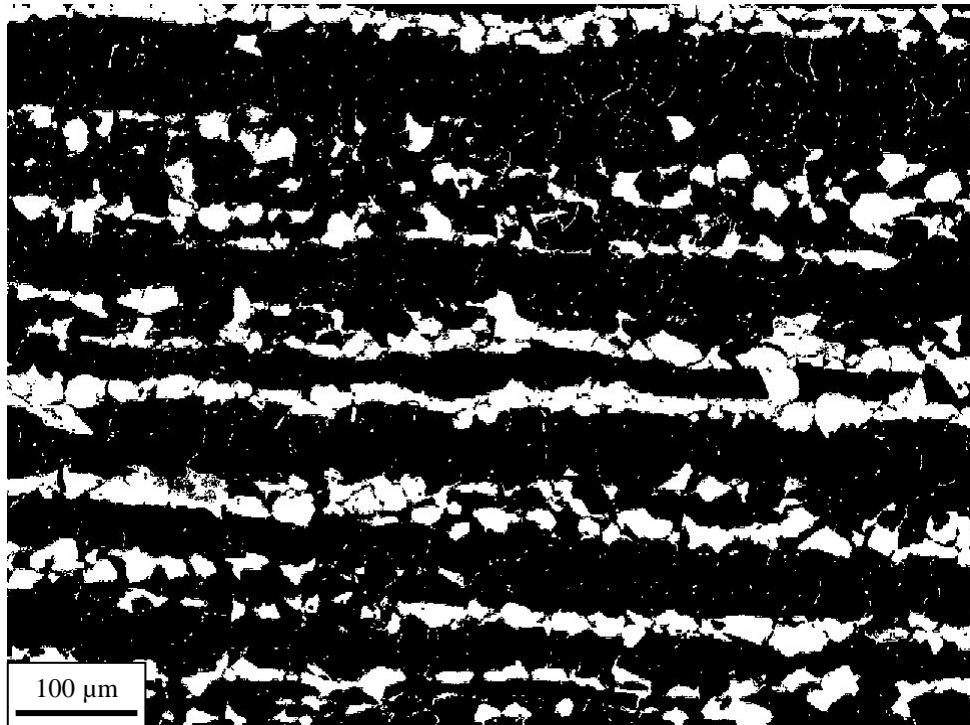


Figura 6 – Amostra L016G sem função “open”

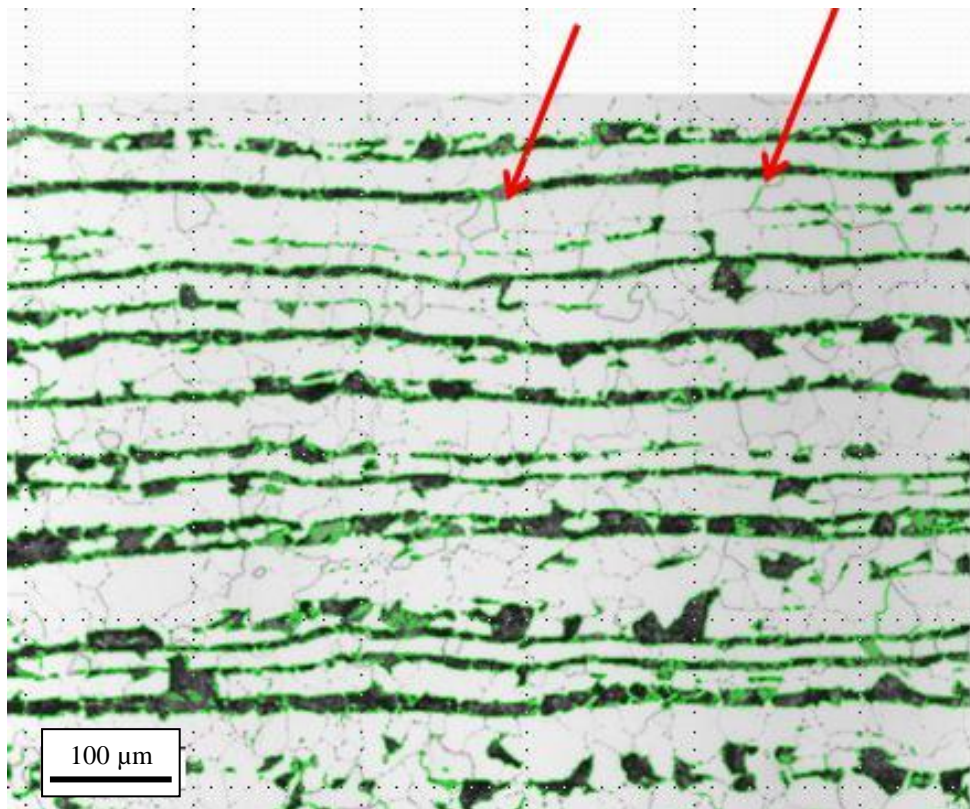


Figura 7 – Sem função “open” medindo contorno de grão



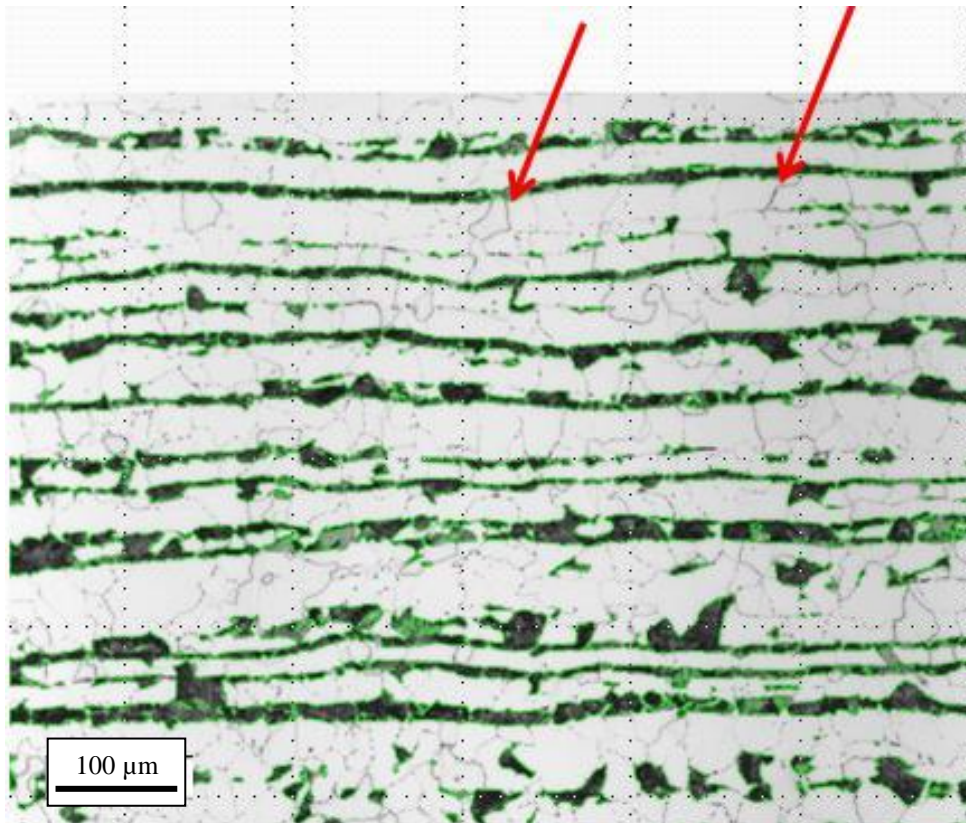


Figura 8 – Função "open" eliminando a contagem do contorno de grão

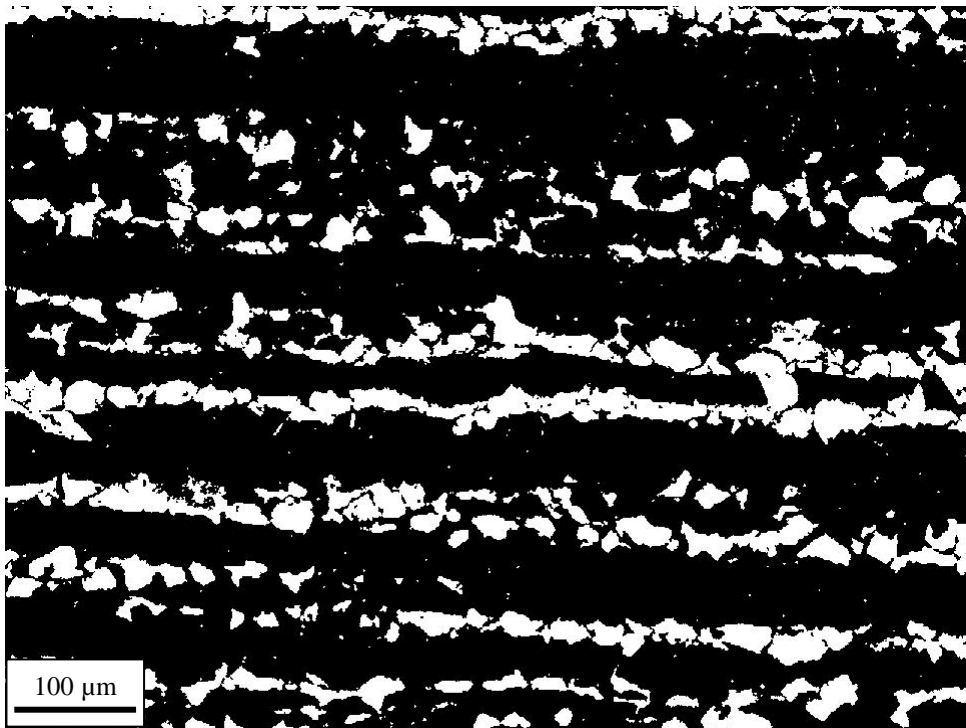


Figura 9 – Amostra L016G com função "open" e parâmetro "cross"

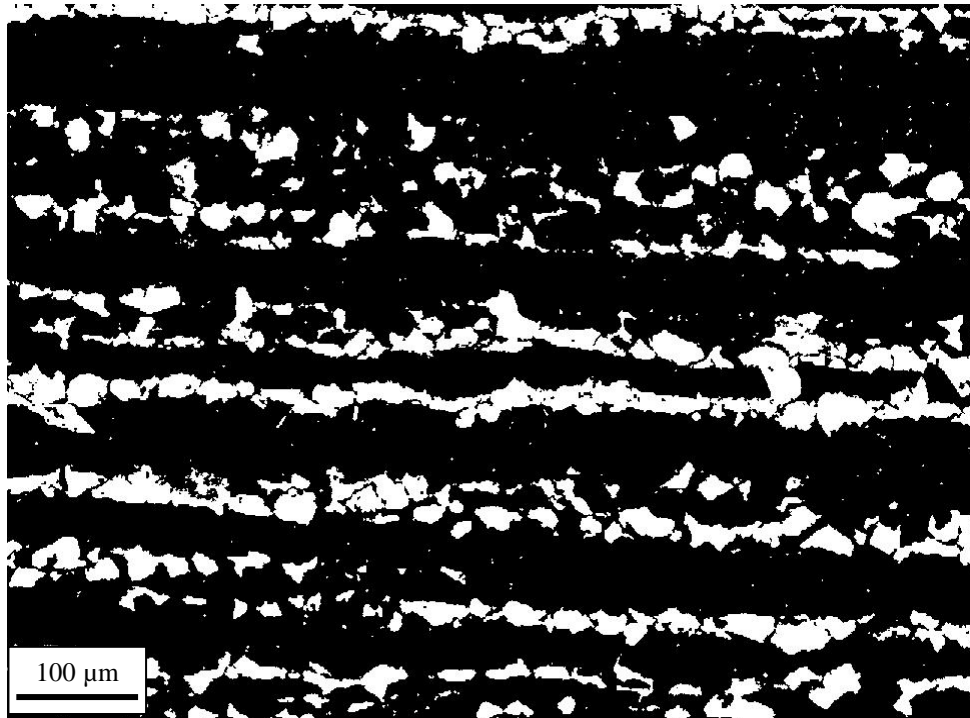


Figura 10 – Amostra L016G com função “open” e parâmetro “square”

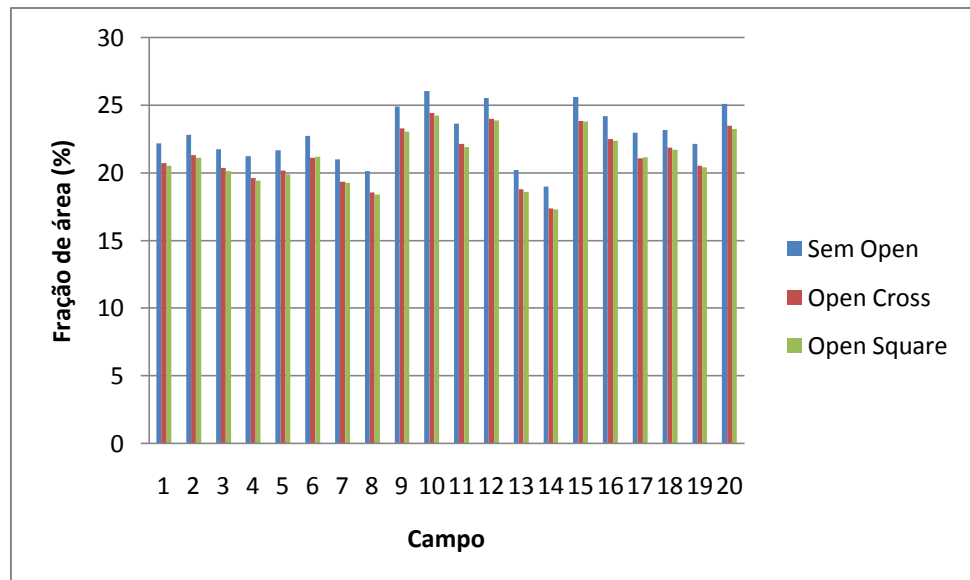


Gráfico 4 – Medida de fração de área com variação da função “open”

### Discussão dos Resultados

Ao comparar as frações de fase obtidas com diferentes aumentos, notou-se uma variação sempre inferior a 10%. As tabelas abaixo indicam os resultados obtidos para diferentes amostras que necessitaram de aumentos distintos.

**Tabela 1 – Fração de área (%) comparando lente de 20X com a lente de 50X**

Campo	20X	Mosaico 50X
1	22,62	22,02
2	20,57	22,00
3	18,65	19,01
4	21,32	21,15
5	24,35	23,56
Média	21,50	21,55

**Tabela 2 - Fração de área (%) comparando lente de 50X com a lente de 100X**

Campo	50X	Mosaico de 100X
1	24,93	22,54
2	21,16	20,75
3	21,01	19,13
4	21,48	19,29
5	25,38	22,28
Média	22,79	20,80

A mudança do limiar tonal (“Threshold”), mostrou através dos resultados ser quase imperceptível à esta variação (visto que tanto no gráfico 2 quanto na figura 2 os resultados apresentaram ser bastante próximos).

A seguir, há uma tabela indicando os resultados para alguns campos de uma amostra.

**Tabela 3 – Fração de área (%) variando o “Threshold”**

Limiar Tonal	135	140	145
Fração de área (%) Aço L016G	20,48	20,81	21,13
	19,65	19,95	20,26
	24,40	24,73	25,01
	25,57	25,89	26,18
	23,19	23,48	23,75
	24,83	25,27	25,70
	19,78	20,05	20,32
	18,30	18,73	19,15

O uso da operação de abertura (“open”) causou, em média, uma redução da fração de área da ordem de 10%.

Finalmente, a variação da vizinhança de análise na operação de abertura (uso dos parâmetros “cross” e “square”) trouxe uma pequena diferença para menores aumentos

enquanto que para maiores aumentos obteve – se uma diferença da ordem de 6%. (veja gráfico 4 e tabelas 4 e 5 abaixo)

**Tabela 4 – Fração de área (%) aço L016G**

Lente 20X	Wizard	Sem Open	Open Cross	Open Square
Média	22,61	22,8	21,22	21,08

**Tabela 5 – Fração de área (%) aço L169F**

Lente 100X	Wizard	Sem Open	Open Cross	Open Square
Média	33,76	21,24	18,65	17,63

### Conclusões

De acordo com o resultado dos diferentes aumentos, optou-se por utilizar apenas as lentes de menor aumento, em cada caso, visto que estas oferecem resolução suficiente e maior campo, facilitando a captura de imagens.

Como o contraste entre as fases é alto, e o histograma das imagens apresenta um vale largo e plano, a variação do limiar tonal em torno do ponto automático é desprezível. Isto permite eliminar esta variável do controle do operador, aceitando a escolha automática do programa.

O uso da operação “open” nos remete a pensar sobre um possível impacto sobre a fase de interesse. Portanto, é razoável supor que os valores sem e com abertura funcionem como limite superior e inferior para a fração de área real, obtendo então um valor intermediário.

Na variação dos parâmetros “cross” e “square”, como a medida foi da ordem de 6%, pode-se sugerir, então, que seja usado o elemento estruturante em forma de cruz (vizinhança 4, parâmetro “cross”), que causa menos impacto sobre a fase de interesse.

### Referências

- 1 - PACIORNIK, S. ; MAURICIO, M. H. P. Digital Imaging. In: George Vander Voort. (Org.). ASM Handbook, Volume 9, Metallography and Microstructures. Materials Park: ASM International, 2004, v. 9, p. 368-402.
- 2- GOMES, O. F. M. Processamento e Análise de Imagens Aplicados à Caracterização Automática de Materiais, Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, 2001.