

Materialografia quantitativa [6]

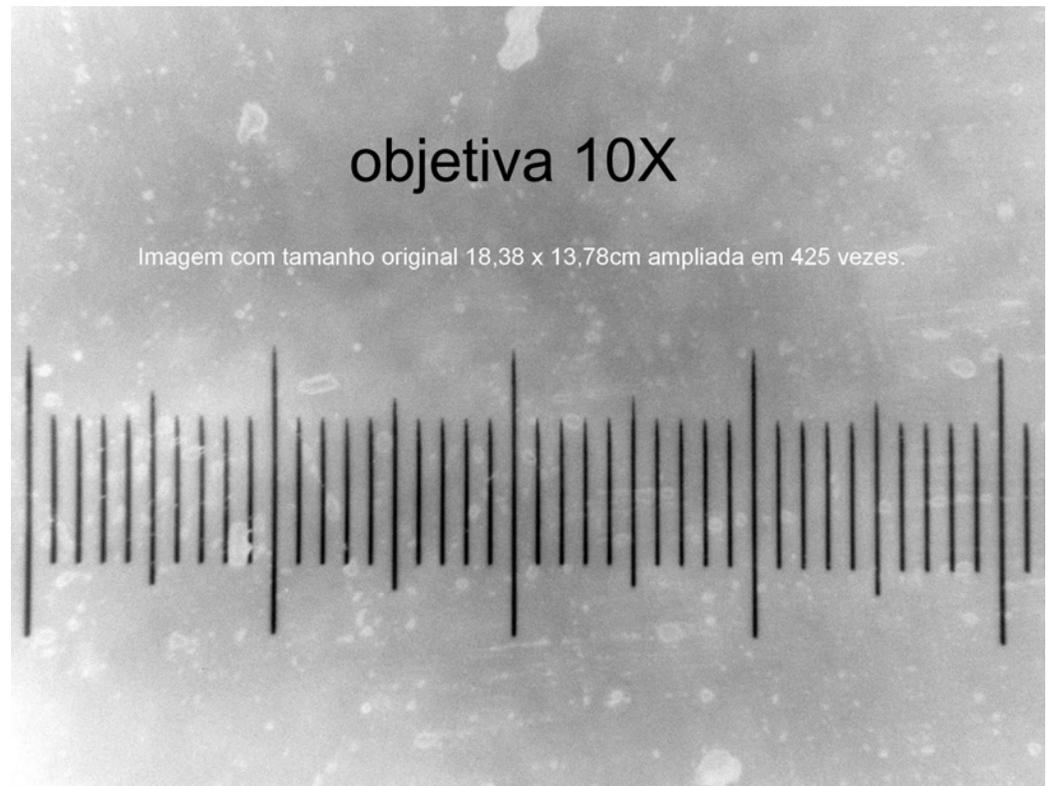
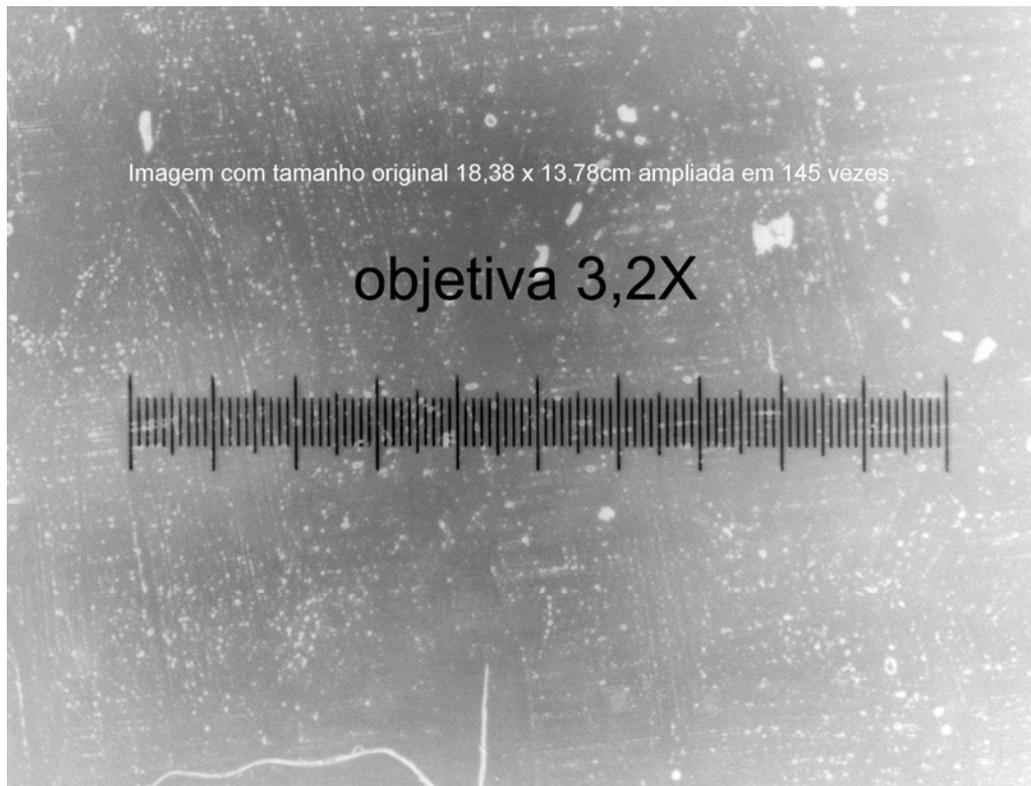
➤ **Microestrutura** → detalhes que podem caracterizados tanto qualitativa quanto quantitativamente.

➤ **Exemplos:**

- **fração volumétrica de fases**
- **dispersão de inclusões (óxidos, sulfetos)**
- **tamanho de grão médio**
- **distribuição de tamanhos de grão**
- **área de interface por unidade de volume**
- **índice de anisotropia em produtos laminados**

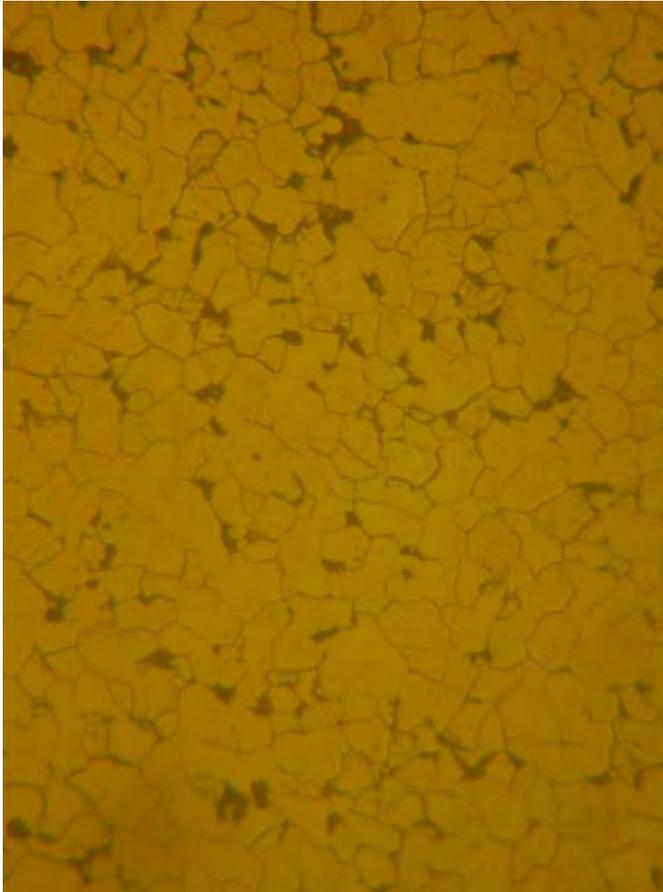
Materialografia quantitativa

- $ampliação = \frac{\text{tamanho na imagem}}{\text{tamanho no objeto (amostra)}}$
- **Escala: cada divisão corresponde a $10\mu\text{m}$**

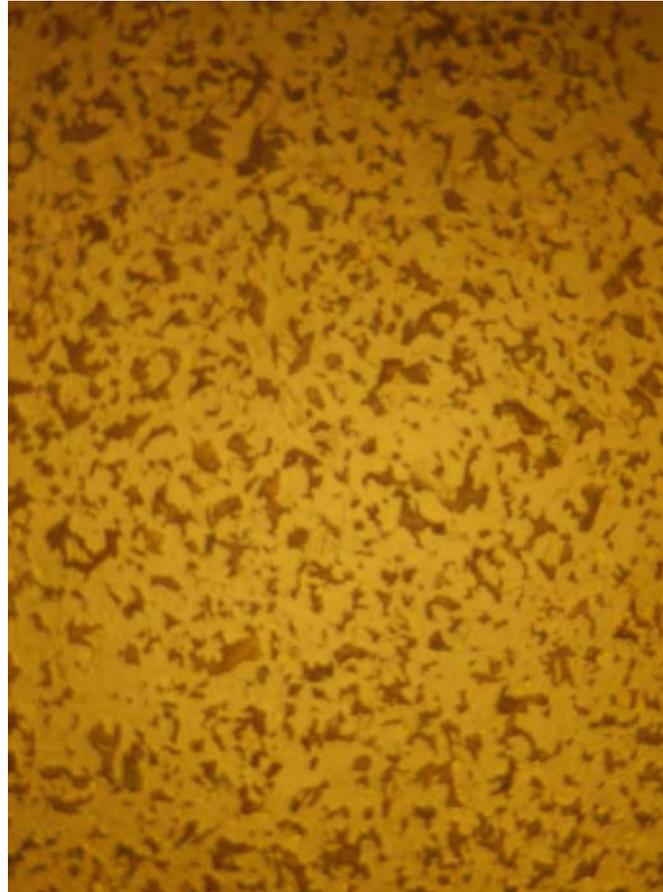


Materialografia quantitativa

➤ Microestrutura de aços recozidos:



ABNT 1010



ABNT 1040



ABNT 1080

- aumento do teor de carbono promove a formação de perlita, microconstituente formado por lamelas alternadas de ferrita e cementita (não visíveis em baixos aumentos)

Materialografia quantitativa

➤ Parâmetros medidos: ➔ área-teste (A_t)

➤ Relação fundamental:

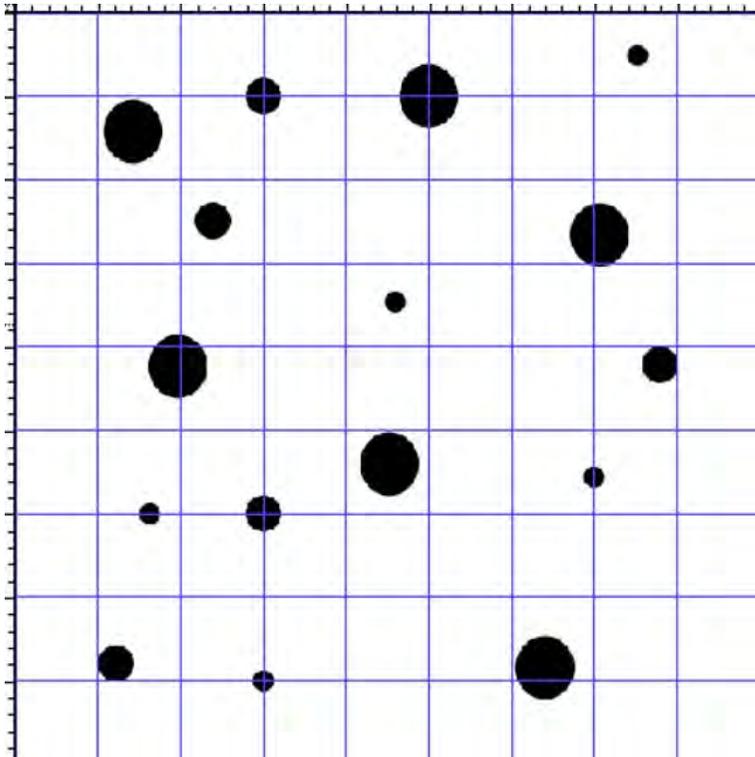
$$P_P = L_L = A_A = V_V$$

P_P : fração de pontos

L_L : fração linear

A_A : fração em área

V_V : fração volumétrica



$$P_P = \frac{\text{total de interceptos sobre objetos}}{\text{total de pontos da grade}}$$

$$L_L = \frac{\text{comprimento total das cordas sobre objetos}}{\text{comprimento total das linhas - teste}}$$

$$A_A = \frac{\text{somatória das áreas dos objetos}}{\text{área - teste analisada}}$$

Materialografia quantitativa

➤ Estatística:

- **média aritmética** - $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$
- **desvio padrão (σ)** - $\sigma^2(x) = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2$
- **erro-padrão (EP)** - $(EP) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

➤ Precisão da estimativa:

$\bar{x} \pm (EP)$		probabilidade de 67%
$\bar{x} \pm (2 \cdot EP)$		probabilidade de 95%
$\bar{x} \pm (2,57 \cdot EP)$		probabilidade de 99%

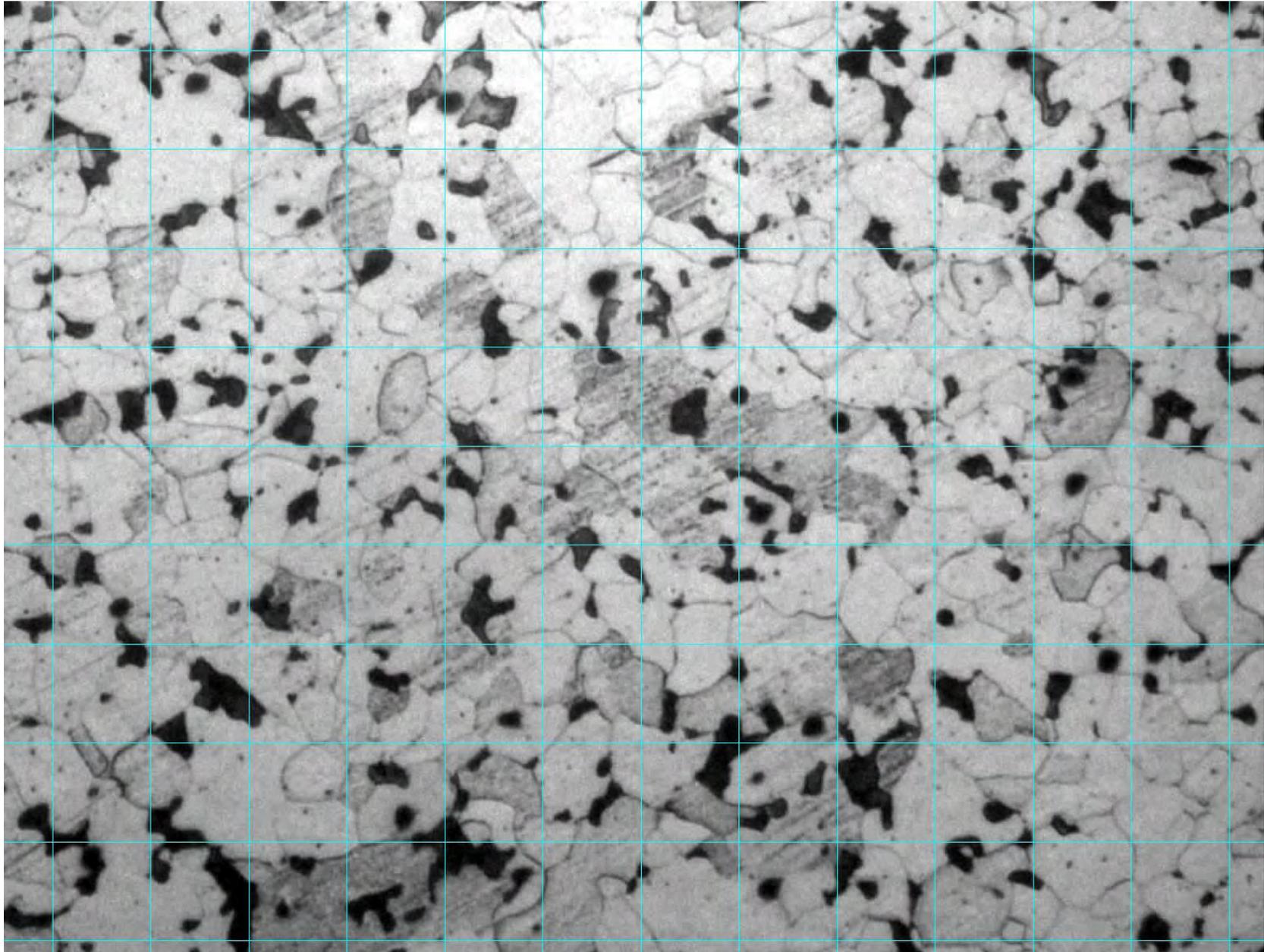
Materialografia quantitativa

➤ Exercício – fração volumétrica de perlita:

norma

ASTM
E562

20 μm



➤ Medida de tamanho de grão (ASTM E112):

▪ Tamanho de grão ASTM:

$$n_A = 2^{(G-1)}$$

sendo n_A – número de grãos contados em uma área de 1 polegada quadrada, aumentada em 100X; G – tamanho de grão ASTM.

▪ Método do intercepto linear (Heyn):

$$\bar{L} = \frac{n \cdot L_t}{N \cdot M}$$

sendo n – número de linhas-teste usadas na estimativa; L_t – comprimento da linha-teste [mm]; N – número de intersecções dos contornos de grão com as linhas-teste; M – ampliação usada na micrografia.

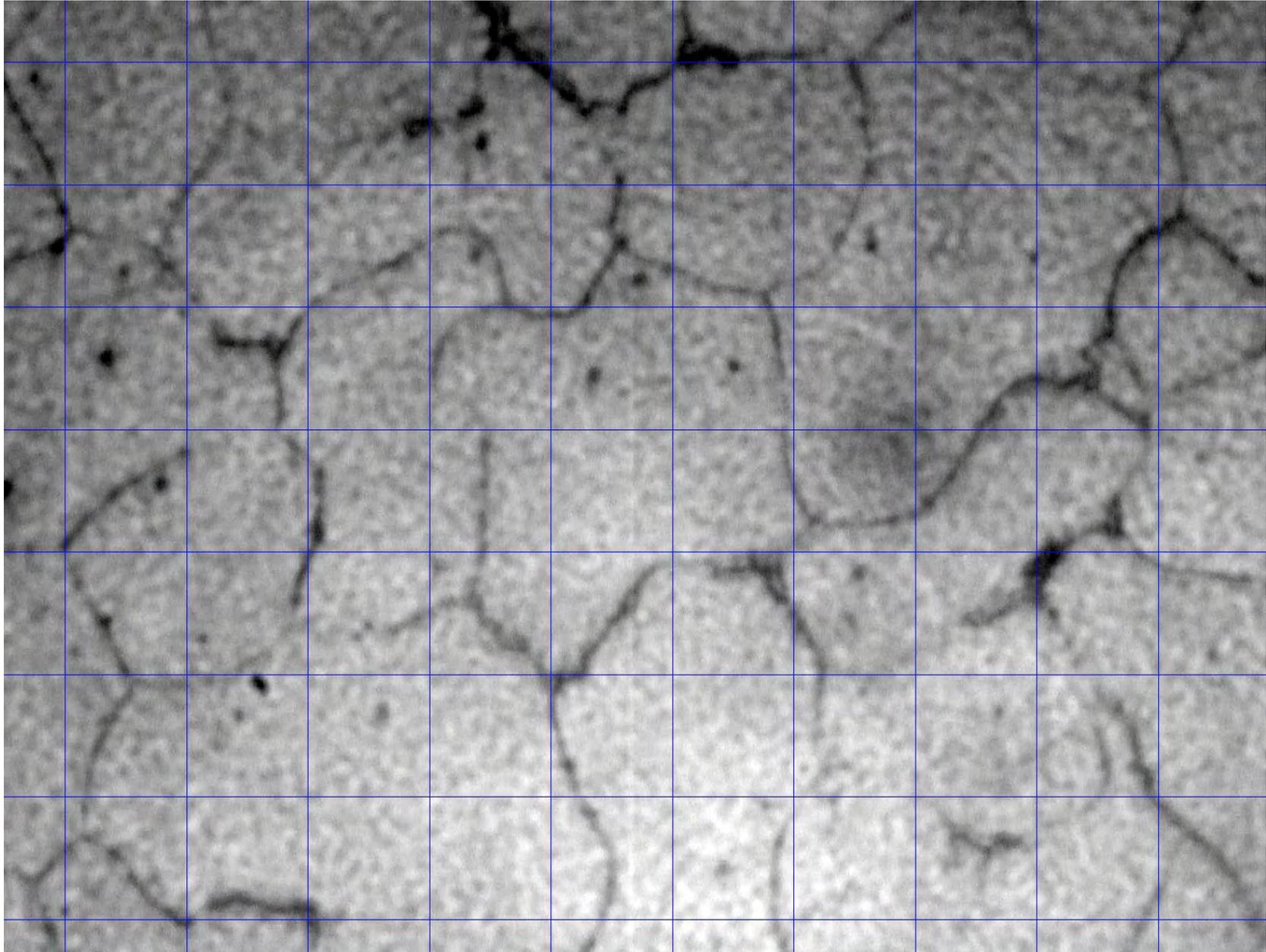
Materialografia quantitativa

➤ Exercício – medida de tamanho de grão:

norma

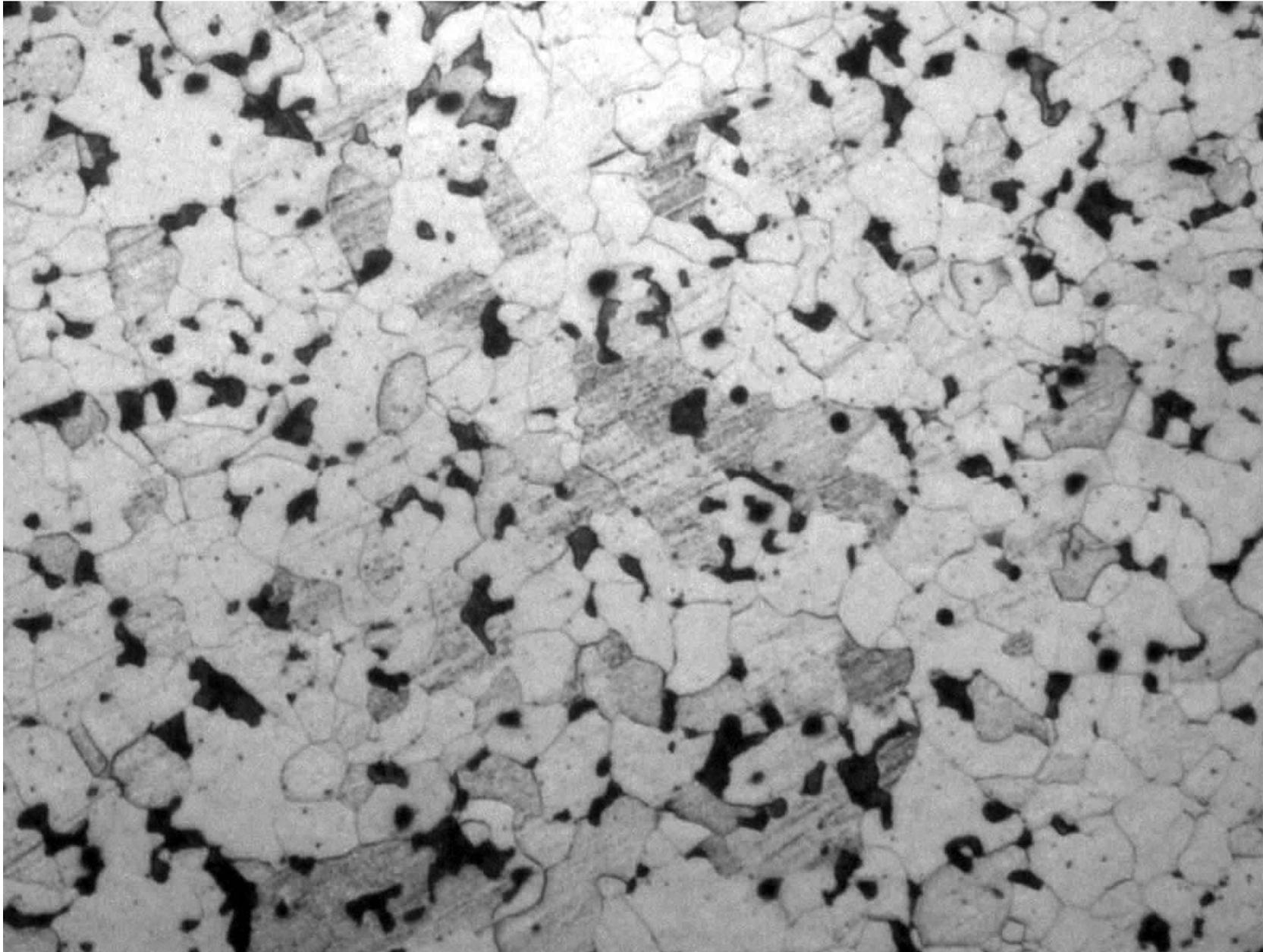
ASTM
E112

20 μm



Materialografia quantitativa

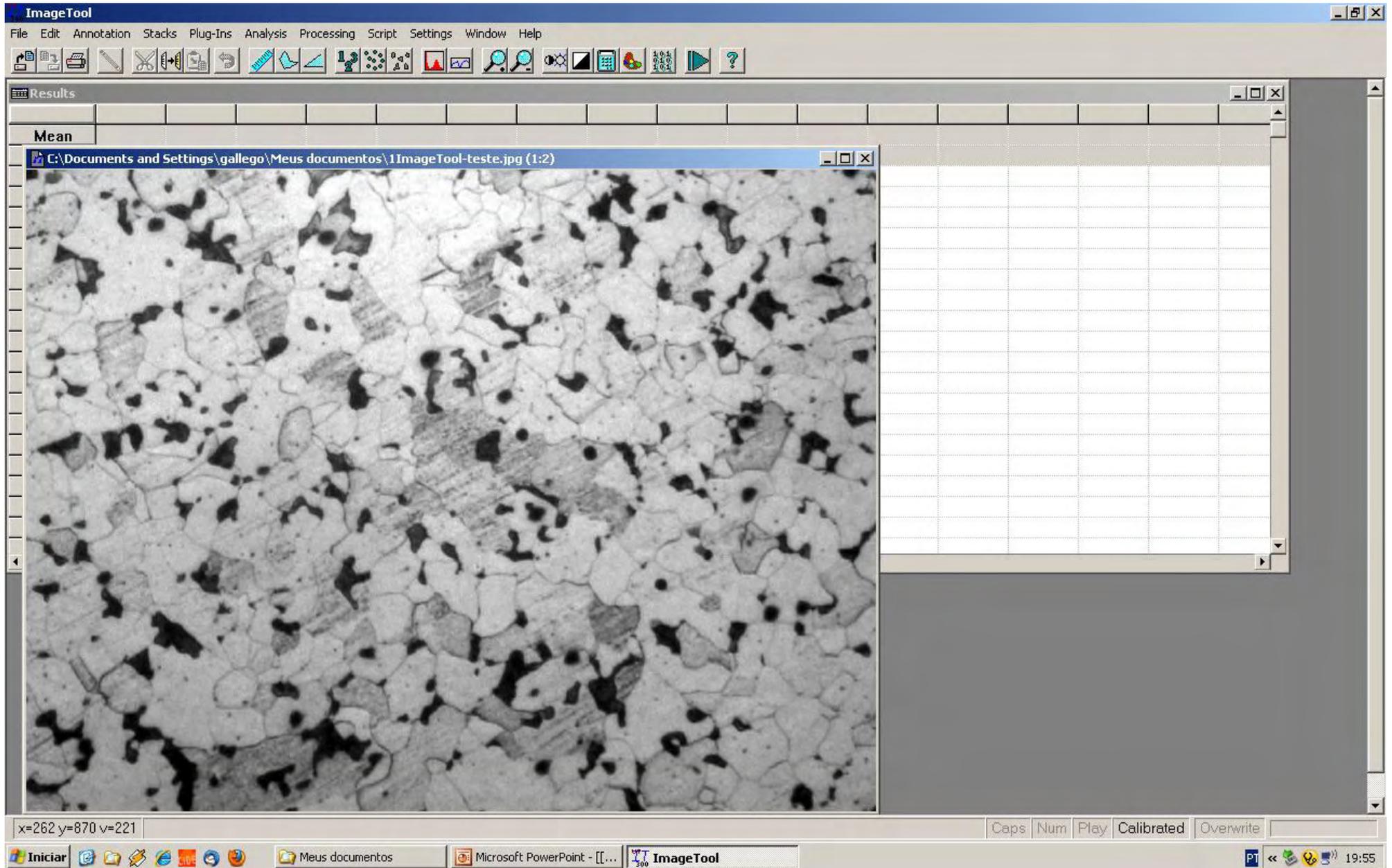
➤ Demonstração – *Image Tool* para fração volumétrica:



20 μm

Materialografia quantitativa

► Demonstração – *Image Tool* para fração volumétrica:



The screenshot displays the ImageTool software interface. The main window shows a grayscale micrograph of a material structure, likely a metal alloy, with a complex, porous appearance. The image is titled "C:\Documents and Settings\gallego\Meus documentos\1ImageTool-teste.jpg (1:2)".

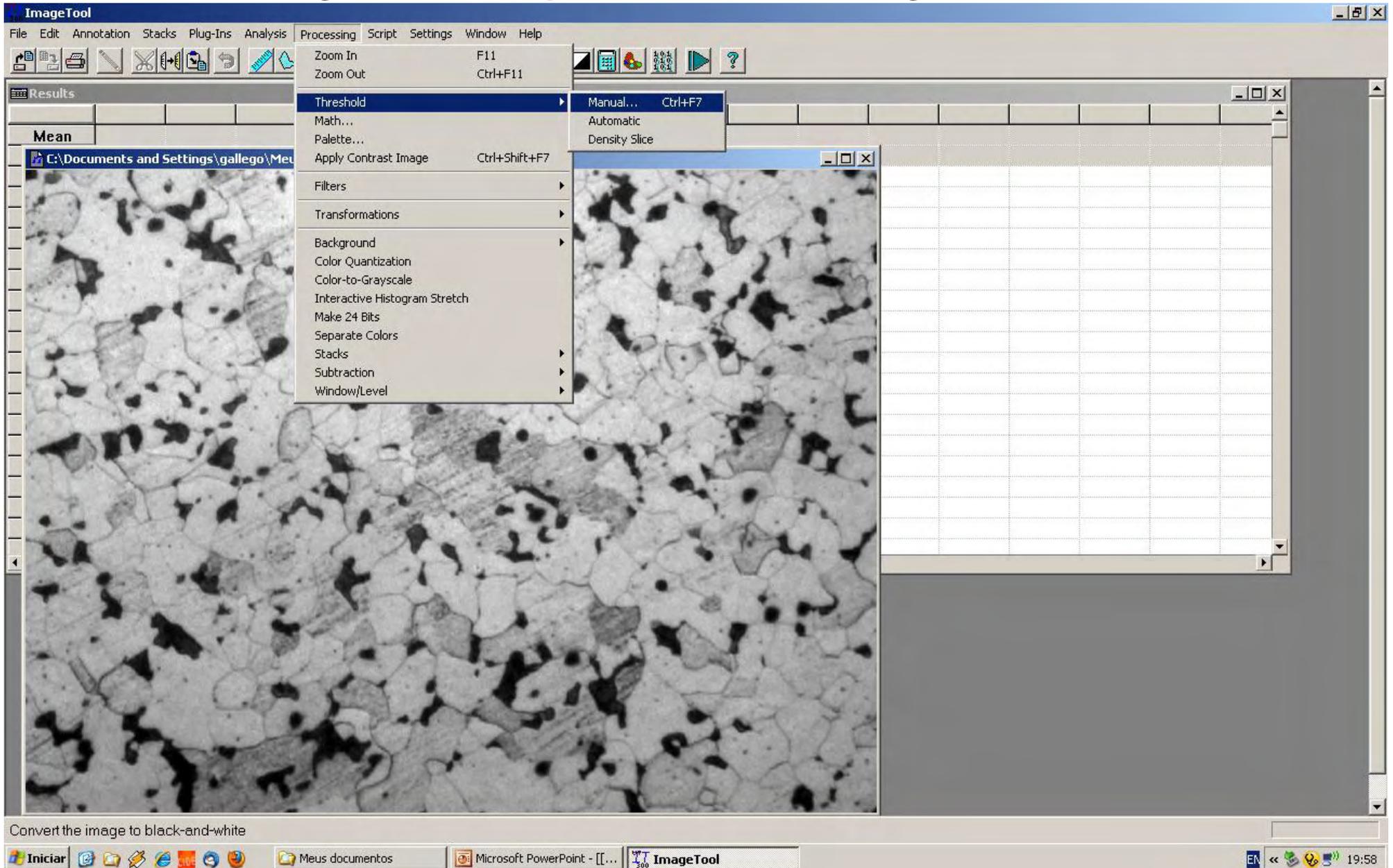
Below the micrograph, a "Results" table is visible, with a "Mean" column. The table is currently empty, suggesting that the analysis process is either just starting or the results have not yet been calculated.

The software interface includes a menu bar (File, Edit, Annotation, Stacks, Plug-Ins, Analysis, Processing, Script, Settings, Window, Help) and a toolbar with various analysis tools. The status bar at the bottom shows the current cursor position: "x=262 y=870 v=221".

The Windows taskbar at the bottom indicates the system is running on a Windows XP-style desktop, with the taskbar showing "Iniciar", "Meus documentos", "Microsoft PowerPoint - [...]", and "ImageTool". The system tray shows the time as 19:55.

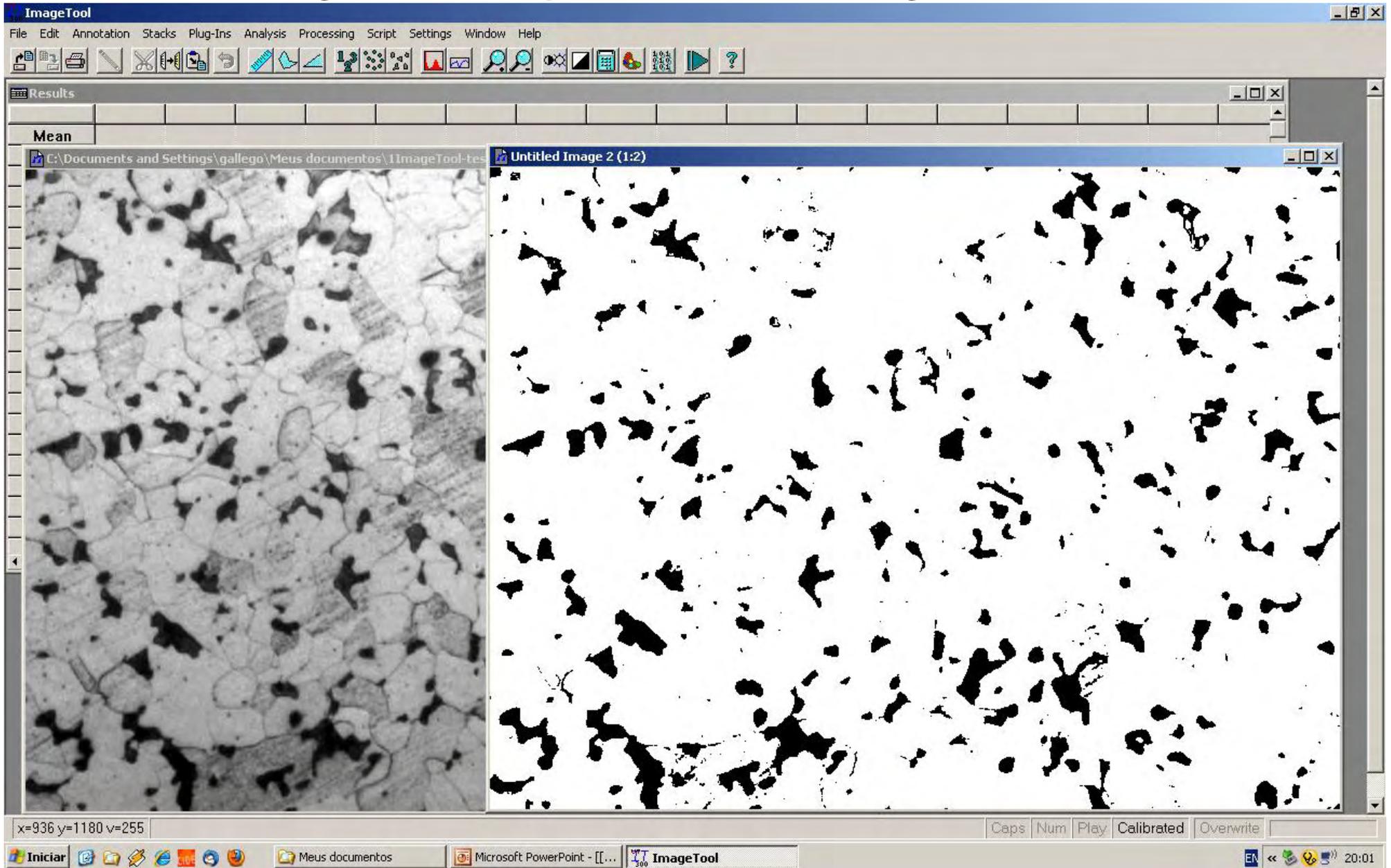
Materialografia quantitativa

► Demonstração – *Image Tool* para fração volumétrica:



Materialografia quantitativa

► Demonstração – *Image Tool* para fração volumétrica:



Materialografia quantitativa

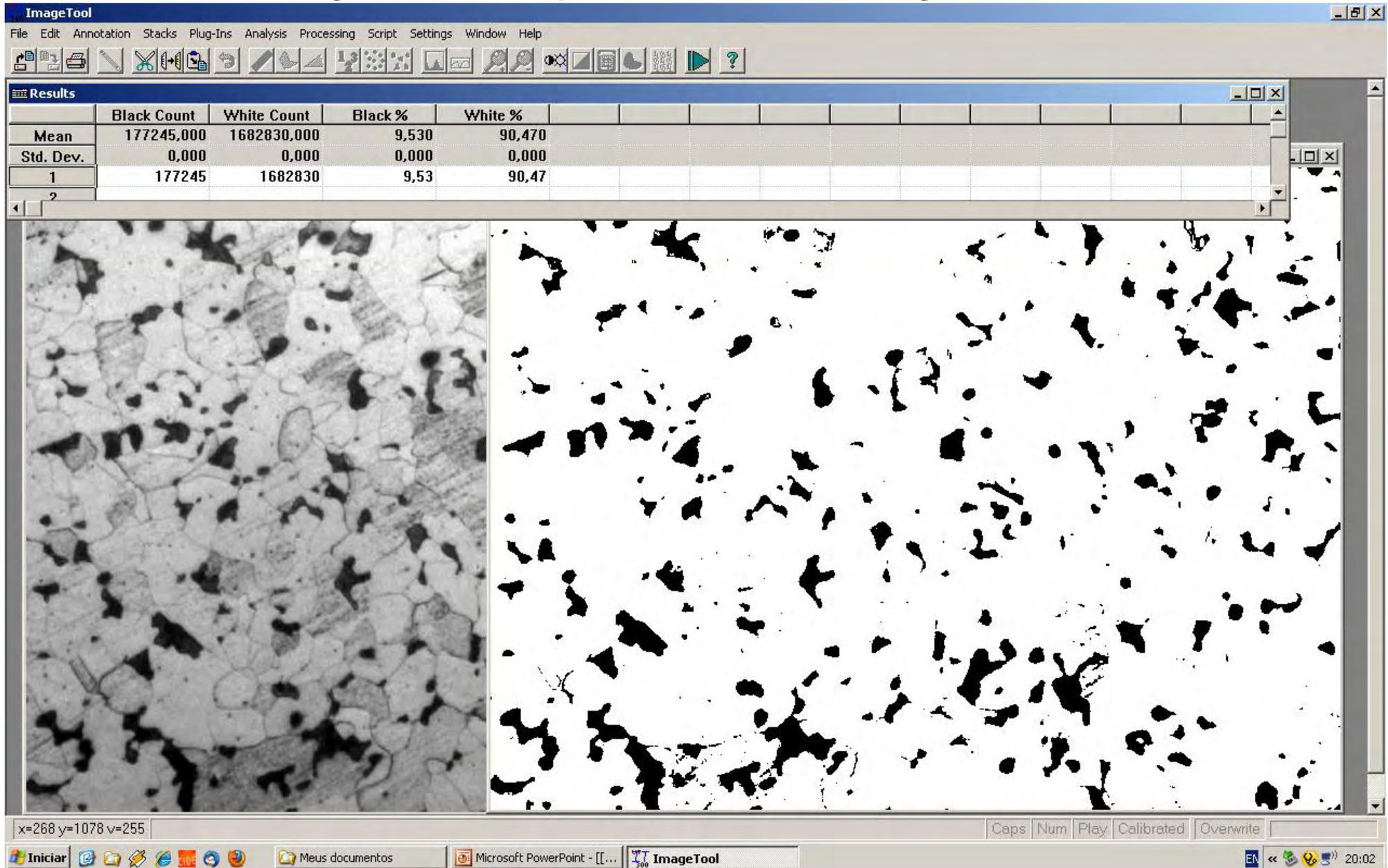
► Demonstração – *Image Tool* para fração volumétrica:

The screenshot displays the **ImageTool** application window. The main workspace is divided into two panels: the left panel shows a grayscale micrograph of a material structure, and the right panel shows the same image converted into a binary (black and white) format. The **Analysis** menu is open, with the option **Count Black/White Pixels...** selected. The **Results** panel on the left shows a table with a header **Mean** and a row containing the file path **C:\Documents and Settings\gal**. The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the time **20:01**.

Count the number of black and white pixels in a binary image.

Materialografia quantitativa

► Demonstração – *Image Tool* para fração volumétrica:



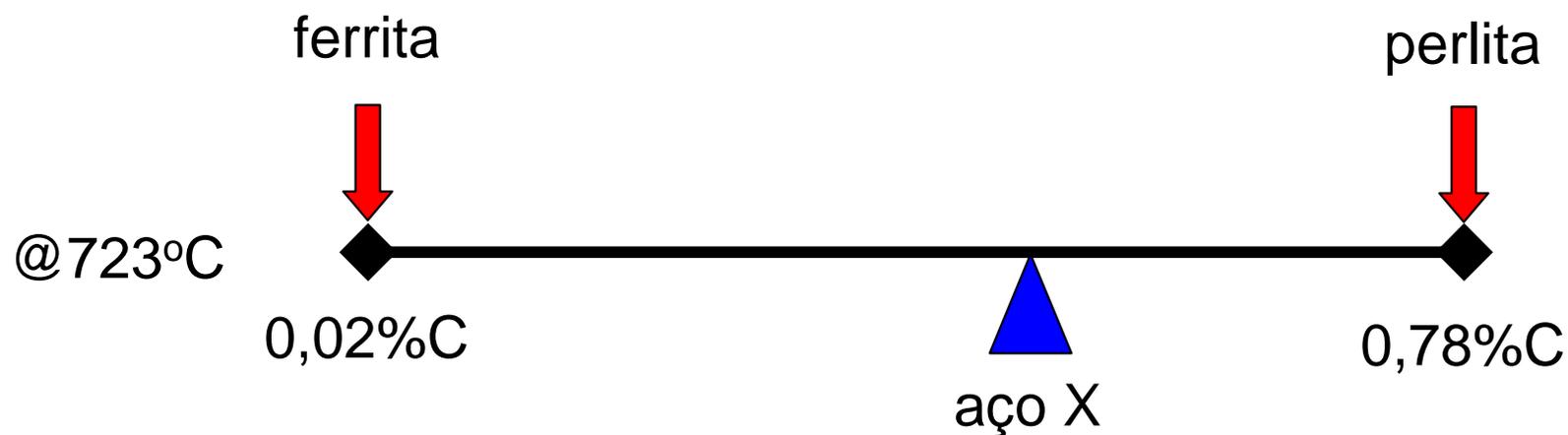
The screenshot displays the ImageTool software interface. The main window shows a grayscale image of a material microstructure on the left and its corresponding binary (black and white) image on the right. A 'Results' window is open, displaying statistical data for the images.

	Black Count	White Count	Black %	White %
Mean	177245,000	1682830,000	9,530	90,470
Std. Dev.	0,000	0,000	0,000	0,000
1	177245	1682830	9,53	90,47
2				

The bottom status bar shows the coordinates: x=268 y=1078 v=255. The taskbar at the bottom includes the Windows Start button, 'Iniciar', and several open applications: 'Meus documentos', 'Microsoft PowerPoint - [[...]', and 'ImageTool'. The system tray on the right shows the time as 20:02.

Materialografia quantitativa

- Demonstração – *Image Tool* para fração volumétrica:
- Resultado Image Tool: 9,57% pixels pretos (perlita)
- Regra da alavanca + diagrama de equilíbrio Fe-C:



$$0,0957 = \frac{X - 0,02}{0,78 - 0,02} \rightarrow X = 0,093\%C$$

A composição estimada enquadra-se na especificação do aço AISI 1010

SAE/AISI	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)			
	C	Mn	P Máx.	S Máx.
1005	0,08 Máx.	0,35 Máx.	0,030	0,050
1008	0,08 Máx.	0,25 - 0,40	0,030	0,050
1008	0,10 Máx.	0,30 - 0,50	0,030	0,050
1010	0,08 - 0,13	0,30 - 0,60	0,030	0,050