

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE ARENITOS DA BACIA DO RIO DO PEIXE UTILIZANDO MICROTOMOGRAFIA DE ALTA RESOLUÇÃO.

Adriana Lemos Porto (1); Pedro Lira Bandeira (1); Matheus Vasconcelos Wanderley (2);

¹ Instituto Federal da Paraíba, Campus Campina Grande, E-mail: adriana.porto@ifpb.edu.br e plb.2001_30@hotmail.com.br ² Faculdade Maurício de Nassau, E-mail: wanderleymatheus@outlook.com

Resumo: Uma técnica inovadora atualmente em desenvolvimento é a construção de modelos digitais a partir de um conjunto de imagens de tomografia de raios-X de alta resolução adquiridas em amostras de rocha. A tomografia computadorizada de alta resolução é uma técnica não destrutiva que permite a visualização da estrutura interna dos objetos ou rochas, e é determinada principalmente por variações de densidade na rocha. Essa técnica permite definir a geometria 3D do espaço poroso e dos grãos minerais, bem como o reconhecimento dos minerais presentes na rocha. O objetivo deste trabalho é estimar a distribuição granulométrica de arenitos a partir de imagens de microtomografia de raios-X. Neste trabalho são analisadas três amostras de arenito (A4, A7e A9), rochas sedimentares que formam reservatórios de petróleo e gás extraídos de testemunhos de poços coletados na Bacia Rio do Peixe. A distribuição granulométrica é realizada no software Avizo® Fire através de um fluxograma de ferramentas. Inicialmente as imagens dos tomogramas bidimensionais da amostra são carregadas e, em seguida, se extrai uma região de interesse, pela aplicação da ferramenta *Extract Subvolume*, no qual será feita a análise granulométrica. Durante a aplicação das ferramentas necessárias para se obter a distribuição granulométrica, pode-se adicionar a ferramenta *Ortho Slice* a cada passo, essa ferramenta permite a visualização dos resultados de todas as ferramentas usadas durante a estimação. Sobre a região de interesse selecionada se aplica a ferramenta *I_threshold*, a qual separa os grãos dos poros. Neste caso foi utilizado o tom de cinza máximo igual a 55, na escala de 0 a 255, para a separação poro-grão aplicando processo de segmentação. Finalmente a ferramenta *I_analyze* tem como resultado do seu processamento uma tabela que apresenta, entre outras variáveis, os diâmetros equivalentes (EqDiameter) de todos os grãos minerais que compõe a região de interesse. A Distribuição granulométrica das amostras foi classificada de acordo com a classificação de Wentworth (1922) que propôs uma escala de classificação granulométrica da granulação mais fina, para a de maior tamanho para sedimentos clásticos e é muito utilizada até os dias atuais. As três amostras possuem diâmetro equivalente até a classe areia grossa, a amostra A4 possui a seguinte distribuição: 17% corresponde ao tamanho de grão de areia média, 25% à classe areia muito fina e 46% restante à classe areia fina. Já a amostra A7 possui 15% dos grãos com diâmetro de tamanho de grão de areia muito fina, 21% de tamanho areia fina e 41% equivalente à classe silte fino. Na amostra A9, 19% dos grãos são de tamanho areia grossa, 24% areia média e 37% da classe silte fino. A simulação numérica da distribuição granulométrica nos modelos digitais resultou em valores de tamanho de grão compatíveis com os esperados para os tipos de rochas analisados.

Palavras-chave: Distribuição Granulométrica, Microtomografia, Arenitos.

1 INTRODUÇÃO

Uma técnica inovadora atualmente em desenvolvimento é a construção de modelos digitais a partir de um conjunto de imagens de tomografia de raios-X de alta resolução adquiridas em amostras de rocha. A tomografia computadorizada de alta resolução é uma técnica não destrutiva que permite a visualização da estrutura interna dos objetos ou rochas, e é determinada principalmente por variações de densidade na rocha. Essa técnica permite definir a geometria 3D do espaço poroso e dos grãos minerais, bem como o reconhecimento dos minerais presentes na rocha.

A análise granulométrica de partículas sólidas compreende a determinação de tamanhos, bem como a frequência com que as mesmas ocorrem em uma determinada classe ou faixa de tamanho.

Em tratamento de minérios, a análise granulométrica é aplicada para determinar o grau de liberação dos minerais valiosos em relação aos minerais de ganga nas várias faixas de tamanho, além de direcionar a seleção da granulometria de moagem do minério; obter curvas de partição de classificadores, usadas na avaliação das etapas de britagem, moagem e classificação; avaliar a eficiência de peneiramento industrial; controlar as especificações de tamanho de produto final. (LIMA & LUZ, 2001).

A microtomografia computadorizada é uma técnica não destrutiva que reconstrói e modela interiores de amostras na escala micrométrica e obtém informações sobre sua geometria tridimensional e propriedades do material. O conceito básico desse processo de imagem provou que um objeto tridimensional pode ser reconstruído através de suas projeções bidimensionais (ARGENTA *et al.*, 2010).

O objetivo deste trabalho é estimar a distribuição granulométrica de três arenitos (A4, A7 e A9) coletados na Bacia do Rio do Peixe a partir de imagens de microtomografia de raios-X.

2 METODOLOGIA

A distribuição granulométrica é realizada no software Avizo® Fire e se baseia na análise de imagens de microtomografia de raios-X, de acordo com o procedimento ilustrado na Figura 1:

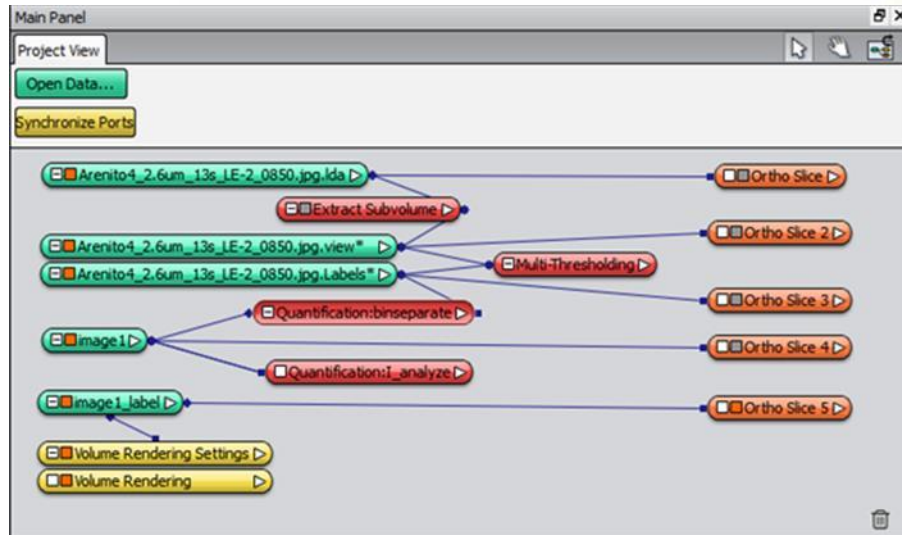


Figura 1 - Fluxo de trabalho do Avizo® Fire para cálculo do tamanho dos grãos.

A Figura 2 apresenta da esquerda para direita os resultados visual das ferramentas utilizadas no fluxo de trabalho.

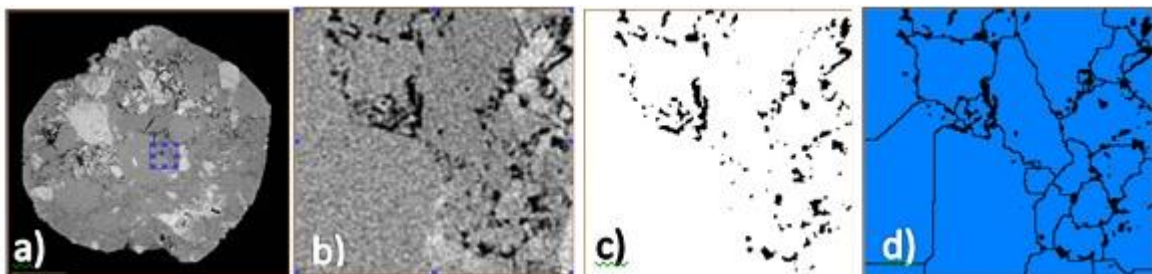


Figura 2 – a) um exemplo do tomograma bidimensional da amostra que foi carregado no Avizo® Fire com a região de interesse escolhida, b) região de interesse extraída do tomograma. c) resultado da aplicação da ferramenta *I_threshold*, separando a matriz mineral (na cor branca) dos poros (na cor preta). d) resultado da separação entre os grãos minerais efetuadas pela ferramenta *binseparate*.

Finalmente a ferramenta *I_analyze* tem como resultado do seu processamento uma tabela que apresenta, entre outras variáveis, os diâmetros equivalentes (*EqDiameter*) de todos os grãos minerais que compõe a região de interesse.

O diâmetro é dito equivalente porque o software supõe que o volume de cada grão corresponde a uma esfera de mesmo volume, de tal modo que ele calcula o diâmetro dessa esfera equivalente. A Figura 3 apresenta como exemplo, parte de uma tabela resultante do processamento da ferramenta *I_analyze*.

Result Viewer - [Analysis an1]

File Edit View Format Window ?

Nb objects : 176

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
			Volume3d (pixel ³)	Area3d (pixel ²)	BaryCenterX (pixel)	BaryCenterY (pixel)	BaryCenterZ (pixel)	Mean	FirstPointX (pixel)	FirstPointY (pixel)	FirstPointZ (pixel)	EqDiameter (pixel)	index
1													
2													
3	1		46438440	1066552	2714.408	2881.167	219.0577	1	1	1	1	445.9571	1
4	2		621117.9	59122.62	2744.231	2620.469	56.32779	1	32	1	1	105.8584	2
5	3		1555827.7	18750.73	2837.49	2635.102	25.35567	1	90	1	1	66.72597	3
6	4		1551872	104481.3	2950.997	2678.486	38.16492	1	104	1	1	143.6434	4
7	5		172139.3	26185.89	3085.488	2617.435	39.94568	1	167	1	1	59.0177	5
8	6		49986.12	10959.28	3105.503	2659.774	40.23418	1	199	15	1	45.70356	6
9	7		90252.72	17126.89	3050.502	2685.711	10.63443	1	173	16	1	55.65283	7
10	8		17.57599	20.30829	2810.6	2644.2	0	1	82	18	1	3.225822	8
11	9		641031.6	60055.22	2755.762	2745.981	23.87741	1	37	20	1	108.9778	9
12	10		777210.4	79974.75	2885.779	2785.551	20.15817	1	105	22	1	114.0723	10
13	11		56454.09	10151.29	3085.407	2694.888	20.05691	1	192	26	1	47.59547	11
14	12		158623.3	21524.1	3101.46	2740.219	24.36222	1	199	35	1	67.16188	12
15	13		1207277	97649.55	3018.542	2733.147	82.57862	1	149	49	1	132.1102	13
16	14		1007825	78267.79	3049.926	2818.17	34.7492	1	167	56	1	124.3929	14
17	15		87932.69	18455.96	2791.171	2796.673	21.539	1	81	65	1	55.17182	15
18	16		521866.3	79833.73	2669.281	2948.938	6.45753	1	43	70	1	99.8896	16
19	17		137954	21062.69	2948.737	2812.05	58.56112	1	134	80	1	64.10795	17
20	18		503769.7	46426.7	2977.38	2909.332	47.74927	1	143	98	1	98.72209	18

Figura 3 - Tabela resultante da aplicação da ferramenta *I_analyze*

Os diâmetros equivalentes dos grãos são formados por pixels iguais a 2,6 μm para amostra 4 e amostra 7 e 3 μm para amostra 9, Para transformar de pixels para unidade de milímetro, usa-se a correlação de 1 $\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam as distribuições granulométricas, determinadas pela análise das imagens microtomográficas das amostras A4, A7 e A9, respectivamente. As classes de tamanho de grãos apresentadas nessas figuras estão definidas de acordo com a Tabela 1, na qual Wentworth (1922) propôs uma escala de classificação granulométrica para sedimentos clásticos que é muito utilizada até os dias atuais. Da granulação mais fina, para a de maior tamanho, tem-se:

Tabela 1 - Classificação granulométrica adaptada de Wentworth (1922) para sedimentos clásticos.

Classe	Tamanho de Grão (mm)
1.Argila	< 0,004
2.Silte muito fino	> 0,004 e < 0,008
3.Silte fino	> 0,008 e < 0,016
4.Silte médio	> 0,016 e < 0,031
5.Silte grosso	> 0,031 e < 0,062
6.Areia muito fina	> 0,062 e < 0,125
7.Areia fina	> 0,125 e < 0,250
8.Areia média	> 0,250 e < 0,500
9.Areia grossa	> 0,500 e < 1,000
10.Areia muito grossa	> 1,000 e < 2,000

Na Figura 4 observa-se que os grãos da amostra A4 possuem diâmetro equivalente até a classe areia grossa, sendo que 17% correspondem ao tamanho de grão de areia média, 25% à classe areia muito fina e 46% restantes à classe areia fina. Portanto, essa amostra pode ser classificada como arenito muito fino a médio.

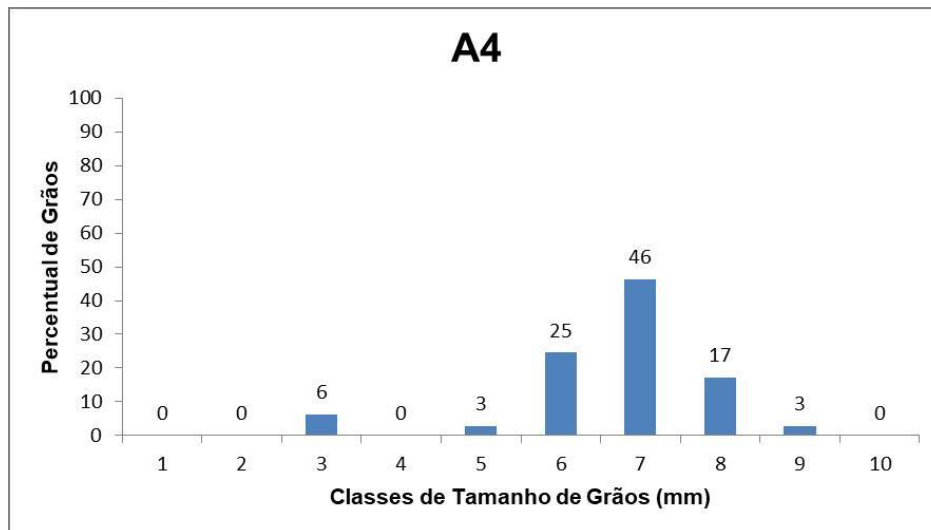


Figura 4 – Distribuição granulométrica da amostra A4.

A Figura 5 mostra que os grãos da amostra A7 apresentam diâmetro correspondente até areia grossa, sendo que 15% dos grãos possuem diâmetro de tamanho de grão de areia muito fina, 21% de tamanho areia fina e 41% equivalente à classe silte fino. Dessa forma essa amostra pode ser classificada como um arenito silte fino.

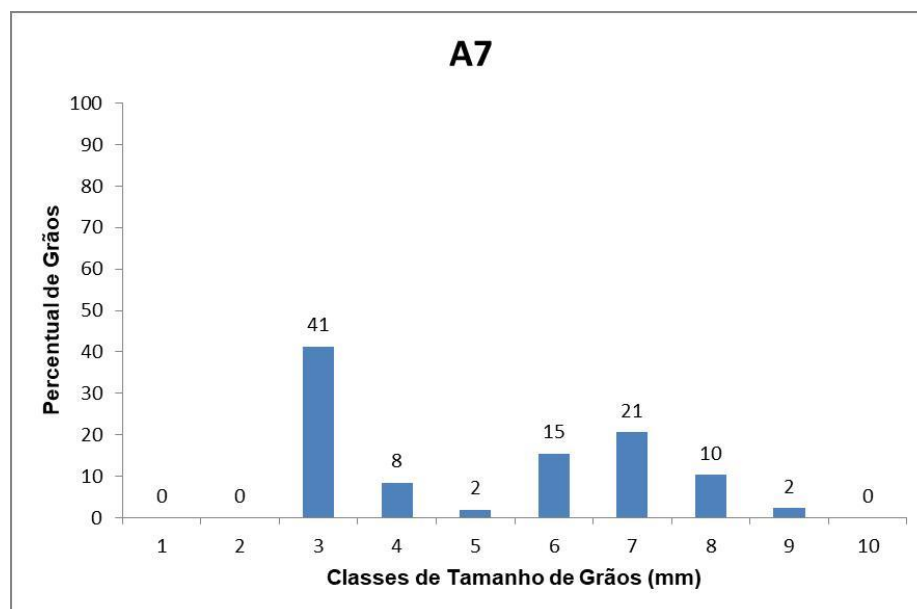


Figura 5 – Distribuição granulométrica da amostra A7.

A Figura 6 mostra que os grãos da amostra A9 apresentam diâmetro de grãos que corresponde até a classe areia grossa, sendo 19% dos grãos de tamanho areia grossa, 24% areia média e 37% da classe silte fino. Isso permite classificar essa amostra como sendo arenito silte fino.

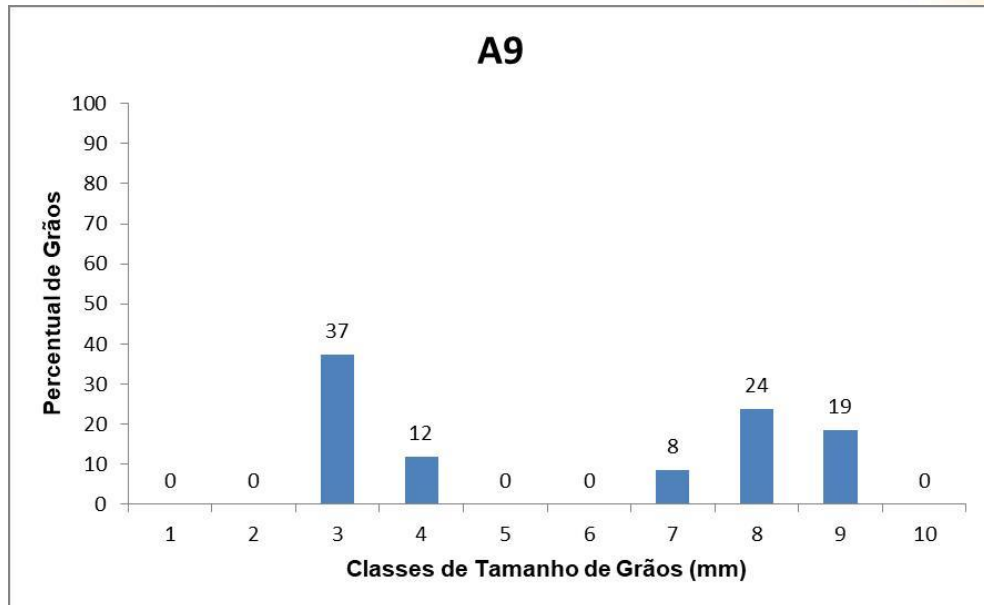


Figura 6 – Distribuição granulométrica da amostra A9.

4 CONCLUSÕES

A simulação numérica da distribuição granulométrica nos modelos digitais resultou em valores de tamanho de grãos compatíveis com os esperados para os tipos de rochas analisados e permitiu classificar os arenitos de acordo com a tabela de Wentworth (1922).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, Marco André; BURIOL, Tiago Martinuzzi; HECKE, Mildred Ballin. **Metodologia para a obtenção de parâmetros físicos e geométricos do osso trabecular função de imagens de micro tomografia.** 2010. Disponível em: <<https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/3454/3371>>. Acesso em: 16 de setembro de 2018.

LIMA, Rosa Malena Fernandes; LUZ, José Aurélio Medeiros. **Análise Granulométrica por Técnicas que se Baseiam na Sedimentação Gravitacional. Parte I: Lei de Stokes.** Revista Escola de Minas. v. 54, n. 2, 2001.

WENTORTH, Chester Keeler. **The canonical definition of sediment grain sizes.** *The Journal of Geology*: "A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments". 1922.