



Processamento e Análise Digital de Imagem (PADI): Quantificação grão/não-grão e estimativa de porosidade a partir de imagens em lamínas delgadas

Aumir da Silva Viana (IEG, UFOPA), Cauã S. C. dos Santos (IEG, UFOPA), Raimundo O. S. Junior (IEG, UFOPA), Rodolfo M. Almeida (ICED, UFOPA), Anderson C. Mendes (IEG, UFOPA)

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Resumo

De 1960 até hoje, a área de processamento digital de imagens vem crescendo vigorosamente nos mais diversos campos do conhecimento, por grandeza qualitativa e quantitativa, embora frequentemente associado a métodos capazes de melhorar a informação visual para análise e interpretação humana e de máquinas. Nas geociências, o PADI tem sido aplicado por exemplo em sensoriamento para análise de áreas de desmatamento e incêndios, e na petrofísica para a identificação e reconhecimento de textura, porosidade e outras estruturas. O objetivo deste trabalho consiste em quantificar, a partir de imagens obtidas de lamínas delgadas, o que é grão e não-grão, utilizando as técnicas de PADI. Sabendo-se o que não é grão, é de interesse quantificar uma propriedade petrofísica, chamada porosidade, usando pacotes de ferramentas de Imagem do Matlab. Os resultados de 16,4% de não-grão e 8,6% de porosidade na lamina 01 e de 24% de não-grão e 14,7% de porosidade para a lamina 02, são satisfatórios, pois foi possível obter as estimativas percentuais de não-grão e porosidade de forma semi-automática e com procedimentos rápidos e padronizados. Os resultados apresentados indicam que o método apresenta potencial para aplicação em estudos de avaliação dessas propriedades petrofísicas.

Introdução

O Processamento Digital de Imagens (PDI), é um conjunto de técnicas que utiliza morfologia matemática para alterar os pixels de imagens digitais. O PDI, visa melhorar a imagem corrigindo defeitos da aquisição e/ou realçando detalhes de interesse. O objetivo do PDI, é tratar a imagem para facilitar sua visualização e análise pelo computador em um procedimento de Análise Digital de Imagens.

A Análise Digital de Imagens (ADI), consiste na detecção e melhoramento de dados quantitativos a partir de imagens digitais. A técnica de análise de imagens, adotada para a caracterização estrutural de amostras e meios porosos, encontra na segmentação binária fundamental importância para a sua aplicação. A segmentação binária é definida como um processamento que consiste em realizar a divisão de uma imagem em regiões homogêneas de acordo com um critério estabelecido.

Este trabalho foi implementado no Software Matlab e seus complementos. O MATLAB trabalha essencialmente com um tipo de objeto - matriz numérica retangular, que pode aceitar inclusive valores complexos. Todas as variáveis no MATLAB representam matrizes. Algumas vezes matrizes de 1 x 1 são interpretadas como escalares e matrizes com uma linha ou uma coluna são interpretadas como vetores.

O objetivo do trabalho consiste em separar grão/não-grão a partir de imagens obtidas de lamínas delgadas utilizando as técnicas de PADI. Sabendo-se o que não é grão, é de interesse quantificar uma propriedade petrofísica chamada porosidade, que expressa a capacidade de armazenamento de fluidos de uma rocha reservatório. A porosidade é definida pela razão entre o volume de fluido e o volume da rocha.

Foi utilizado para efeito de exemplificação e avaliação desta metodologia um conjunto de fotografias digitais de lamínas delgadas da Formação Monte Alegre, que pertence ao Grupo Tapajós, Bacia do Amazonas, na região da cidade de Monte Alegre, Oeste do Estado do Pará.

A Formação Monte Alegre, proposta por Caputo et al. (1972), é composta por quartzos arenitos, médios a grossos, geralmente maciços, com estratificação cruzada de grande porte. Localmente, os arenitos são conglomeráticos, friáveis, e com raras intercalações de folhelhos esverdeados a amarelados.

Metodologia

O Processamento e Análise Digital de Imagens (PADI), estrutura seu estudo em etapas separadas de acordo com o seu objetivo. Utiliza-se uma sequência padrão de aquisição, processamento e análise (Vieira & Paciornik, 2001), (Figura 1).

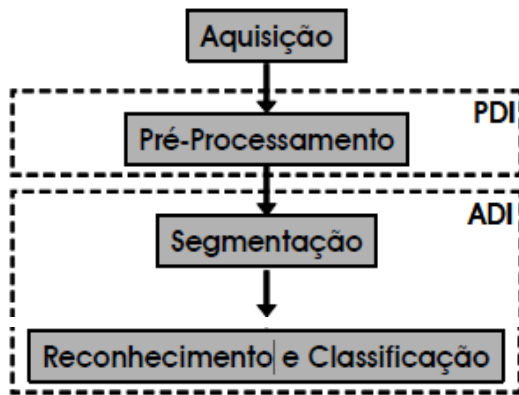


Figura 1 – Representação da sequência PADI.

- Aquisição

De posse das lamina delgadas, utilizou-se o Microscópio Petrográfico Leica DM750 e as objetivas de 5X e 10X para aquisição das imagens, (Figura 2).



Figura 2 – Representação esquemática do Microscópio e da imagem adquirida.

- Pré-Processamento

Etapa em que se busca melhorar a imagem, corrigindo defeitos da aquisição e realçando detalhes de interesse, de modo a facilitar a segmentação. Isto geralmente é realizado através de aritmética de imagens (Gonzalez e Woods, 2005).

As imagens obtidas em diferentes canais, são individualmente produzidas em tons de cinza. A quantidade de energia refletida pelos objetos vai determinar a sua representação nessas imagens em diferentes tons de cinza, entre o branco (quando refletem

toda a energia) e o preto (quando absorvem toda a energia). Ao projetar e sobrepor essas imagens, através de filtros coloridos, Red, Green e Blue (RGB), é possível gerar imagens coloridas (Gonzalez e Woods, 2005).

A partir da imagem original, foi feita a decomposição em componentes RGB, com finalidade de saber em qual delas se destacava melhor o alvo, conforme ilustrado na (Figura 3).

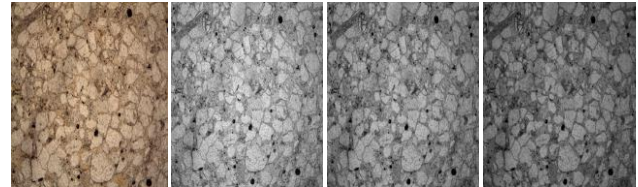


Figura 3 – Da esquerda para a direita: imagem original, banda R, banda G e banda B.

Através da separação de componentes RGB, escolheu-se trabalhar com a banda B pois era a que melhor destacava o alvo, sendo necessário realizar pequenos ajustes, de forma a compatibilizar algumas distorções que ocorreram durante a etapa de aquisição das imagens, e foi aplicada a equalização para realçar melhor o contraste na banda escolhida.

- Segmentação

Procedimento que visa reconhecer digitalmente regiões e objetos. Existem diversos métodos de segmentação (limiarização de histograma, detecção de bordas, textura e morfologia matemática, etc.), cada qual mais adequado a uma aplicação específica.

A segmentação utilizada neste trabalho foi a limiarização de histograma, que consiste em encontrar os limiares em um histograma de 255 níveis de cinza, a partir da imagem equalizada que melhor separa as fases associadas às fases em questão e definirá as regiões da imagem em pretos e brancos, (Figura 4).

Para a escolha dos valores de limiares, o método da Concavidade foi o melhor a ser utilizado, cujos histogramas não apresentam vales bem definidos, chegando a atribuir bons limiares nos picos do histograma, desde que os vales e os picos formem uma concavidade, e assim, o limiar pode ser determinado pela análise dessa concavidade do histograma.

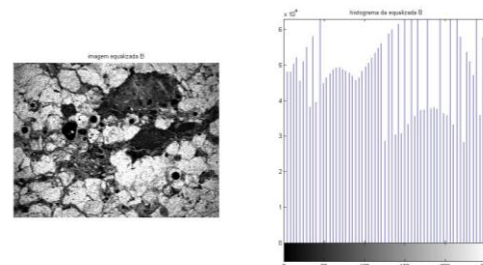


Figura 4 – Imagem e histograma equalizado, utilizado para definir os limiares.

- Reconhecimento e Classificação

A partir da imagem binarizada, à análise das formas identificadas e são feitas as medidas usando a contagem de pixels brancos que considerou-se como sendo a parte não-grão na imagem. Esse cálculo se deu pela razão do número de pixels brancos pelo número total de pixels da imagem.

$$\phi = \text{N}^\circ \text{ de Pixels brancos} / \text{N}^\circ \text{ de Pixels total}$$

Resultados

Neste trabalho utilizaram-se duas laminas de espessura 0,03 mm. As mesmas foram fotografadas e processadas usando a mesma metodologia, pois em ambas as laminas, a banda B foi a que melhor diferenciou grão/não-grão.

Para representarmos as laminas 01, 02, foram geradas 2 e 5 imagens das mesmas, onde podemos ver a Lamina 01, já processada, (Figura 5).

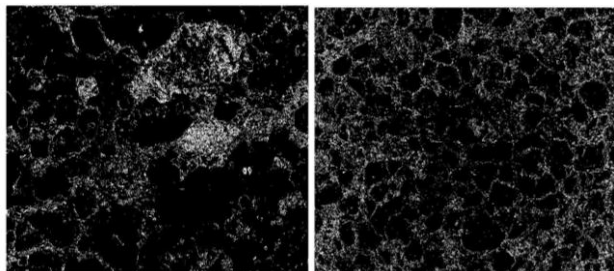


Figura 5 – Lamina 01 com as imagens limiarizada.

A lamina 01 processada, teve uma porcentagem de espaço não-grão variando entre 15,7 a 17,1% com média de 16,4% e porosidade variando de 7,7 a 9,5% tendo como média 8,6%, observado na (Tabela 1).

Na lamina 02 trabalhada, os valores percentuais obtidos de espaço não-grão foram 20,5%, 23,3%, 18,9%, 29,2% e 28,1%, média de 24% e porosidade 12,4%, 18,3%, 10,7%, 15,5% e 16,8% tendo como média 14,7%, exibido na (Tabela 2).

Tabela 1: Valores obtidos de porosidade média das laminas.

	Lamina 01	Lamina 02
Imagem 1	7,7%	12,4%
Imagem 2	9,5%	18,3%
Imagem 3	-	10,7%
Imagem 4	-	15,5%
Imagem 5	-	16,8%
Porosidade média	8,6%	14,7%

Tabela 2: Valores obtidos de não-grão para as laminas.

	Lamina 01	Lamina 02
Imagem 1	15,7%	20,5%
Imagem 2	17,1%	23,3%
Imagem 3	-	18,9%
Imagem 4	-	29,2%
Imagem 5	-	28,1%
Média de Não-grão	16,4%	24%

No estudo dos histogramas, observou-se que utilizando intervalos mais espaçados de limiares, as respostas para determinar o que era não-grão, os resultados eram mais satisfatórios. Já para quantificar os poros, era necessário que os intervalos entre os limiares fossem menores.

As medidas de não-grão e porosidade, realizadas nas imagens das duas laminas, tem uma boa relação, devido às muitas medidas executadas e o arranjo das mesmas. Porém estas partem do mesmo princípio que é extrapolar a relação de não-grão e porosidade medida para toda uma camada, sendo assim, ambos possuem erros estatísticos, pois essas relações nunca são contínuas em uma camada.

Conclusão

A estimativa de espaço grão/não-grão e porosidade é de fundamental importância para a caracterização de rochas sedimentares. No entanto, a sua realização prática, na maioria dos casos, está sujeita a interferências e subjetividades.

No sentido de atenuar a subjetividade, neste artigo foi apresentado uma metodologia para a produção de uma estimativa de grão/não-grão e porosidade de forma inteiramente diversa dos métodos clássicos.

Foi possível obter as estimativas percentuais de não-grão e porosidade de forma semi-automática e com procedimentos rápidos e padronizados. Os valores obtidos pelo processamento, condizem com os do método tradicional de contagem de pontos, que é com o auxílio de um microscópio petrográfico. Os resultados apresentados indicam que o método apresenta potencial para aplicação em estudos de avaliação dessas propriedades petrofísicas.

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, à Deus, energia e saúde para concluir este trabalho.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos meus orientadores Rodolfo Maduro Almeida e Anderson Conceição Mendes, pelo suporte no pouco tempo que lhes coube.

Aos meus amigos do Departamento de Sismologia da UFOPA, Cauã, Oscar, Bia, Guedes e Carol. Do GSED-UFOPA, Amauri, Johnny, Anny e Panda. Do Lab. de Microscopia, Gilmar, Gilmar, Marlon e João. Que contribuíram direta e indiretamente para este trabalho.

Enfim, agradeço a todos.

Referências

GOMES, O. F. M. 2007. Microscopia co-localizada: novas possibilidades na caracterização de minérios. Tese de Doutorado, PUC-RIO. 105 f. Rio de Janeiro.

CASTELO, F. W. L. 2013. Estimativa de porosidade em lâminas petrográficas através da morfologia matemática binária. Dissertação de Mestrado, UFPA. 101 f. Belém.

CLEMENTE, E. P. e VIANA, J. H. M. 2015. Método para estimativa de macroporosidade em lâminas delgadas de solos por meio de análise de imagens. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Natal/RN.

MOREIRA, A. C. 2011. Métodos para segmentação binária para imagens em tons de cinza. LFNATEC - Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada, v. 15, n. 02, Londrina.

CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R.E.; VASCONCELOS, D.N.N. 1972. Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Amazonas: histórico e atualização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26. Belém. Anais. Belém: SBG, 1972. v. 3, p. 35-46.

GONZALEZ, R. C. e WOODS, R. E. 2000. Processamento de imagens, Tradução Roberto Marcondes Cesar Junior, Luciano da Fontoura Costa. São Paulo: Edgard Blucher.

VIEIRA, P. R. M.; PACIORNIK, S. 2001. Uncertainty evaluation of metallographic measurements by image analysis and thermodynamic modeling. Materials characterization, v. 47, n. 3, p. 219-226.