



Estudo das propriedades petrofísicas de rochas artificiais

Galvão, I. L. G.*, Santos, R. A. A., Segundo, F. R. D. P., Xavier Jr., M. M., Cabral, F. A. O. Departamento de Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Neste trabalho, estudamos o comportamento de grandezas petrofísicas em rochas artificiais, produzidas a partir da sinterização de esferas de vidro, através de medidas de porosidade, permeabilidade e resistividade elétrica AC. A porosidade das amostras diminuiu com o aumento do tamanho médio dos grãos enquanto que a permeabilidade cresceu. Estes resultados foram explicados por meio de um efeito semelhante ao que deve ocorrer quando a seleção muda com a variação do tamanho médio de grão. Os valores de resistividade elétrica AC diminuíram em função da frequência da corrente elétrica e cresceram em função da saturação de água semelhantemente ao que ocorre em rochas naturais.

Introdução

A importância da petrofísica tem crescido cada vez mais na contribuição para a caracterização de rochas reservatórios de petróleo e gás. Ela se interessa, particularmente, pelas propriedades que permitem a determinação de porosidade, permeabilidade, saturação de fluido, bem como as interações fluido rocha, que são aspectos fundamentais para caracterizar o armazenamento e a transmissão de fluidos na rocha, com a finalidade de administrar e prever a performance de um reservatório em subsuperfície (SAYERS et al, 2009). Em outras palavras, a petrofísica investiga as propriedades físicas de minerais, rochas e fluidos nelas contidos, e como essas características se alteram em função dos inúmeros fatores ambientais, como pressão, temperatura, saturação, salinidade e argilosidade; e condições instrumentais, como frequência e potência, por exemplo. Essa investigação petrofísica pode ocorrer na escala de campo, por meio de uma perfuração geofísica feita na região, ou na escala de bancada em laboratório.

O estudo petrofísico de rochas artificiais permite obter uma larga faixa de valores de suas propriedades, além de possibilitar o controle dessas propriedades, como homogeneidade, escala das amostras, distribuição de tamanhos de grãos e impurezas por exemplo (AL-HOMADHI, 2002, CARRASCO et al, 2005, REZAVEISI, 2012). Neste trabalho, estudamos o comportamento de grandezas petrofísicas em rochas artificiais, produzidas a partir da sinterização de esferas de vidro, através de medidas de porosidade, permeabilidade e resistividade elétrica AC (SEGUNDO, 2014).

Metodologia

O processo utilizado na produção das nossas amostras de rochas artificiais produzidas com esferas de vidro foi a sinterização (FRENKEL, 1945). Trata-se de um processo em que várias partículas que estão em contato mútuo, sob a ação da temperatura, se transformam em um corpo único, íntegro e podendo, inclusive, tornar-se totalmente denso, além de obter resistência mecânica. As esferas de vidro foram selecionadas em peneiras de malhas de 0,063, 0,125, 0,180, 0,250, 0,355 e 1,000 mm. Foi utilizado um molde de aço inoxidável para dar a forma de plug cilíndrico às amostras. As medidas de porosidade foram realizadas usando um porosímetro UltraPore/Perm 500 da CoreLab. Os valores de permeabilidade das amostras foram obtidos através das medidas de condutividade hidráulica realizadas num permeâmetro do tipo de Darcy desenvolvido no próprio Laboratório de Petrofísica do Departamento de Geofísica da UFRN. As medidas de resistividade elétrica AC também foram realizadas utilizando um aparato experimental próprio montado no mesmo Laboratório de Petrofísica.

Resultados e Discussão

Os resultados da porosidade das nossas amostras diminuiu com o aumento do tamanho médio dos grãos (Figura 1), ao contrário do que se observa normalmente na literatura. Já a permeabilidade cresceu com o aumento do tamanho médio dos grãos (Figura 2).

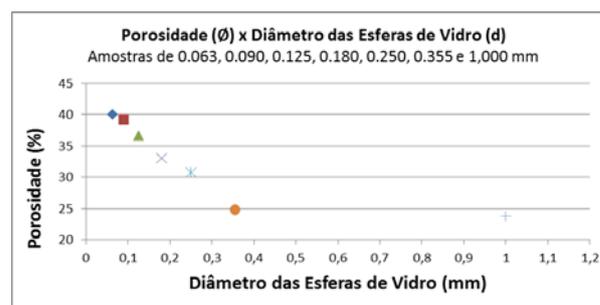


Figura 1 – Porosidade x Diâmetro das Esferas de Vidro.

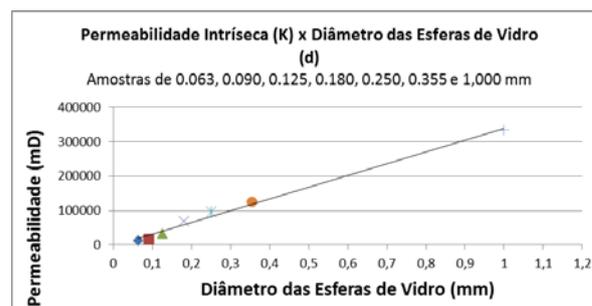


Figura 2 – Permeabilidade x Diâmetro das Esferas de Vidro.

É conhecido que teoricamente a porosidade não varia com o tamanho dos grãos em sistemas porosos ideais. Isto também se reproduz com boa aproximação na prática em sistemas reais, desde que a distribuição de tamanhos dos grãos de diferentes tamanhos médios seja semelhante. A divergência dos nossos resultados em relação ao normalmente encontrado na literatura (KAMEDA et al, 2006) é que nem todas as amostras foram sinterizadas com a temperatura mínima necessária para manter o formato esférico dos grãos (Fig. 3 (A)). As amostras com diâmetros médios maiores sofreram maior deformação assim como formaram aglomerados de grãos (Fig. 3(B)). Estes fatores influenciaram diretamente nas medidas de porosidade fazendo os seus valores na amostra como um todo diminuir, semelhantemente ao que ocorre quando se passa de uma boa para uma má seleção de grãos, apesar de produzir poros com tamanhos maiores e melhor conectados. Isto conduziu a um aumento da permeabilidade das amostras com grãos de tamanhos médios maiores. Os valores de permeabilidade nestas amostras sintéticas estiveram na faixa de valores de arenitos limpos, areias grossas e cascalhos.

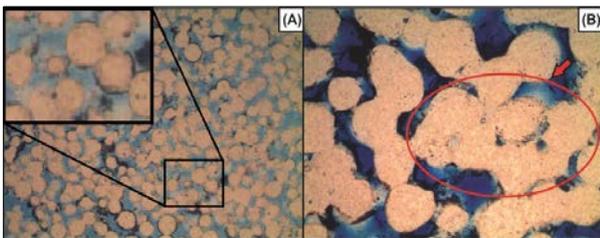


Figura 3 — Imagens de lâminas delgadas das amostras de 0,063mm (A) e de 0,355mm (B). Na imagem (B) evidencia-se o efeito da deformação e formação de aglomerados causada pela sinterização das amostras em temperaturas mais elevadas (detalhe circulado).

Os resultados das medidas de resistividade elétrica AC em função da frequência, para três diferentes tamanhos médios de grãos, estão mostrados na Figura 4. A resistividade diminuiu com o aumento da frequência como esperado para sistemas porosos com matriz sólida isolante e fluido condutor. Neste caso, a água contida nos poros das amostras é a principal responsável pelo comportamento elétrico apresentado.

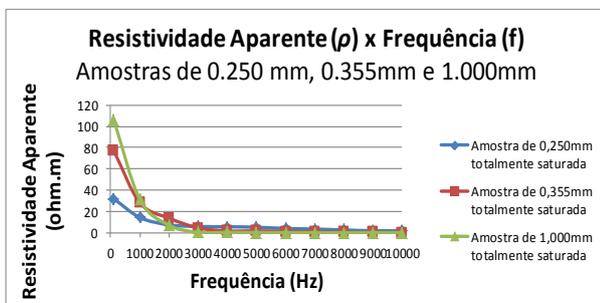


Figura 4 — Resistividade aparente em função da frequência para três diferentes amostras sintéticas produzidas.

Nota-se que amostras com tamanhos médios de grãos menores e, portanto, com porosidades maiores, apresentam menores valores de resistividade, uma vez que possuem maior quantidade de água em seu interior.

A Figura 5 mostra os valores de resistividade elétrica AC em função da frequência para diferentes valores de grau de saturação de água. É possível notar que a resistividade em baixas frequências diminui com o aumento da saturação. Estes resultados também estão coerentes com o que se espera para sistemas porosos em que a água é o fluido que permeia os poros e, portanto, o principal responsável pelo comportamento elétrico nessas amostras (TONG et al, 2008).

Conclusões

As amostras de rochas sintéticas produzidas a partir da sinterização de esferas de vidro mostraram-se promissoras como modelos para estudos de rochas naturais no que diz respeito aos aspectos que controlam as propriedades petrofísicas aqui estudadas. Este trabalho demonstra que é possível produzir modelos artificiais de rochas de maneira controlada permitindo-se obter uma larga faixa de valores dessas propriedades possibilitando assim fornecer dados tanto para modelos teóricos quanto computacionais.

Agradecimentos

Ao Professor José Agnelo Soares (UFCG) pela contribuição nas medidas de porosidade. A professora Marcela Marques Vieira pela obtenção das imagens de lâminas delgadas. A ANP pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências

- SAYERS, C., CHOPRA, S., 2009. Introduction to this special section—Rock physics. *The Leading Edge* 15.
- AI-HOMADHI, E. S., 2002. Artificial Sandstone Cores Production with a Wide Range of Petrophysical Properties. *J. King Saud Univ.*, Vol. 14, Eng. Sci. (1), pp. 95-118, Riyadh (A.H. 1422/2002)
- CARRASCO, M. F., Mendiratta, S.K., and Ferreira, J.M., 2005. Strength, porosity and permeability of sintered bodies made from glass microspheres *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* 30, 91–99.
- REZAVEISI, M., Ayatollahi, S., Rostami, B., 2010. Experimental Investigation of Matrix Wettability Effects on Water Imbibition in Fractured Artificial Porous Media. *J. Pet. Sci. Eng.* 86-87, 165–171.
- SEGUNDO, F.R.D. 2014. Síntese de Rochas artificias a partir da sinterização de esferas de vidro. Natal/RN, 2014. 30 p.
- FRENKEL, J., 1945. "Viscous Flow of Crystalline Bodies Under the Action of Surface Tension," *J. Phys. (Moscow)*, 9 [5] 385-91.

KAMEDA, A., J. Dvorkin, Y. Keehm, A. Nur, and W. Bosl, 2006. Permeability-porosity transforms from small sandstone fragments, *Geophysics*, vol. 71, no. 1.

TONG, M and Tao, H, 2008. Permeability estimating from complex resistivity measurement of shaly sand reservoir. *Geophys. J. Int.* 173, 733–739.

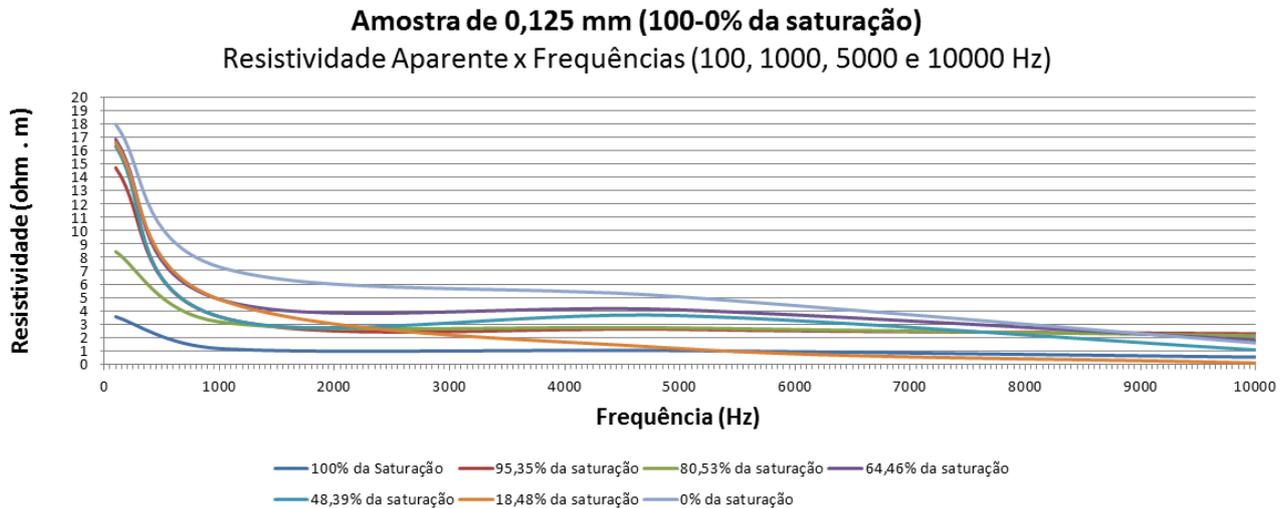


Figura 5 - Curvas de resistividade aparente para diferentes valores de saturação da amostra de tamanho médio de grão de 0,125 mm.

SCHEIDEGGER, A. E., *The physics of flow through porous media*, 3rd ed. Toronto: University of Toronto Press, 1974, 353 p.