

**DETERMINAÇÃO DA SATURAÇÃO RESIDUAL DE ÓLEO  
ATRAVÉS DA MEDIDA DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE  
RADÔNIO NA ÁGUA DE PRODUÇÃO**

Amenônia Maria Ferreira Pinto

Tese (Doutorado) – Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP – Defesa: 2012.

**RESUMO**

A metodologia desenvolvida estabelece alternativas que possibilitam a quantificação do óleo estacionado no volume poroso dos reservatórios de petróleo. Foi admitido que, o conhecimento do coeficiente de partição do radônio entre o óleo e a água presentes no reservatório, viabilizará a determinação da Saturação Residual, levando-se em conta o aumento da quantidade de radônio na fase aquosa em relação à quantidade presente antes de ser iniciada a recuperação secundária, quando o óleo é expulso pela injeção de água. Foram executados testes, em escala de laboratório, em um corpo de prova composto por um meio poroso construído de forma a simular as características de um reservatório. O corpo de prova, elaborado a partir de uma rocha sedimentar de minério de urânio, foi acondicionado em um coreholder onde foram reproduzidas as etapas desde a formação até o esgotamento de um reservatório. A concentração do  $^{222}\text{Rn}$  foi determinada na água na saída deste sistema. O fluido deslocante foi simulado por água hiperhialina sintética e o fluido a ser deslocado por óleo mineral. Os resultados experimentais foram tratados segundo a teoria da partição dinâmica apresentada em estudos sobre o transporte do radônio em meio poroso contaminado por NAPL's. Os dois parâmetros a serem determinados para a aplicação deste modelo são o coeficiente de partição do radônio entre a água e o óleo e a sua concentração máxima emanada pelo meio. O método escolhido para a determinação do coeficiente de partição foi o método proposto por CANTALOUB e o valor encontrado, por espectrometria de cintilação líquida, foi 39 mL de água / mL de óleo. Quanto à concentração máxima, esta foi determinada antes do início dos testes de bancada, tendo sido encontrado o valor de 0,39 Bq/mL via LSC. Em seguida foram realizadas as etapas de drenagem e de

embebição. Balanços de massa foram efetuados em cada etapa. Foram executadas duas modalidades de testes de bancada. Na primeira foi simulado o processo de varredura em situação de fluxo estacionário, válido para análise de testes em coluna. O valor encontrado para a SOR ao ser aplicado este modelo foi de 54,22%. O valor avaliado experimentalmente pelo balanço de massa que foi de 58,87%. Na segunda modalidade, em batelada, o meio poroso foi embebido em três etapas, havendo um tempo de repouso da ordem de 20 dias entre cada etapa. Os valores de SOR encontrados em cada etapa foram: 34,36%, 30,52%, e 29,58%, sendo que e os correspondentes valores calculados pelos balanços de massa foram: 39,97%, 31,26% e 28,56%. Portanto, acredita-se que o uso do radônio como traçador natural na indústria de produção de petróleo pode se tornar um método alternativo possibilitando a avaliação da SOR ao longo da vida útil do reservatório. Esta nova técnica, quando viabilizada, ampliará as possibilidades de escolha e de comparação entre os métodos disponíveis contribuindo para um planejamento mais realista da recuperação do óleo.

**Palavras - chaves:** Saturação Residual de Óleo, SOR, Radônio, Reservatório de Petróleo, Traçador Natural, Óleo Residual.

## **ABSTRACT**

A method has been developed for the quantification of the amount of petroleum remaining within the porous volume of oil reservoirs using radon as a natural tracer. The Oil Saturation is estimated, taking into account the partition coefficient of radon between the organic and aqueous phases in the reservoir is known and the increase in the amount of radon in the aqueous phase, relatively to the amount initially present is accounted for. The methodology has been tested in experiments carried in reduced laboratory scale. A porous medium block prepared in such a way to approximately reproduce the reservoir characteristics has been used in the tests. The block was built out of a sandstone rock containing uranium ore whose radon emanation rate allows precise measurements in small volume samples placed in a coreholder. The steps leading from the formation to the depletion of the reservoir have been simulated.  $^{222}\text{Rn}$  concentrations were measured at the system outlet. The displacing fluid used consisted

in synthetic hyper-hyaline water and the fluid to be expelled has been simulated with a synthetic mineral oil. The experimental results have been processed in accordance with the dynamic partition theory used to study radon transport in porous media contaminated with NAPLs. The two critical parameters required for the application of such models are the partition coefficient and the maximum concentration of radon emanated by the porous media. The method chosen for quantifying the partition coefficient has been proposed by CANTALOUB. The radon content has been measured by liquid scintillation spectrometry (LSS) in samples containing 39 mL water / 1 mL oil. The maximum radon concentration has been measured prior to the introduction of oil in the porous medium; the value was found via LSS and was equal 0.39 Bq. Upon the quantification of the critical parameters draining and the imbibition steps were performed in the porous core. Mass balances in the aqueous phase were carried at each step. The bench experiments were performed in two distinct modes. The first mode simulated the flooding process at steady-state flow condition, as used to flow through columns. The SOR value determined by the model was 54.22%, as compared with 58.87% computed from mass balance data. The other test mode consisted in short duration imbibitions in three stages separated by time intervals of about 20 days. The SOR values determined in this way at each stage were 34.36%, 30.52%, and 29.58%. The values calculated from the corresponding mass balances were 39.97%, 31.26% and 28.56%, respectively. These results evince the chances of employing radon as a natural tracer in the petroleum production industry. It can become an alternative method for the evaluation of SOR along the useful lifetime of the reservoir. The availability of this additional SOR evaluation technique may expand the present options and afford a new way of comparing them, thus contributing to planning more realistic and reliable oil recovery schemes.

**Keywords:** Residual Oil Saturation, SOR, Radon, Oil Reservoir, Natural Tracer, Residual Oil.

O resumo aqui apresentado é de responsabilidade exclusiva de seu autor, sendo uma cópia fiel do resumo contido no documento final defendido e aprovado em sua instituição de origem.