

HIDROTHERMALISMO ASSOCIADO ÀS FALHAS GUAPIARA E JACUTINGA NA BACIA DO PARANÁ: TERMOMETRIA E COMPOSIÇÃO DOS FLUIDOS

Sara Ferreira Nomura¹, André Oliveira Sawakuchi¹, Rosa Maria Bello¹, Kazuo Fuzikawa²

¹Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; ²Comissão Nacional de Energia Nuclear, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.

Introdução

A Formação (Fm.) Teresina (Permiano da Bacia do Paraná) compreende sucessão sedimentar terrígeno-carbonático-evaporítica depositada em mar epicontinental na porção sul do Gondwana. Na borda da Bacia do Paraná, entre o norte paranaense e o centro-leste paulista, a Fm. Teresina representa a unidade de topo do Grupo Passa Dois e encontra-se sobreposta à Fm. Serra Alta e sotoposta à Fm. Pirambóia. Os lineamentos Jacutinga (NE-SW) e Guapiara (NW-SE) constituem os principais elementos tectônicos desta área da bacia.

O Alinhamento de Guapiara foi definido por Ferreira et al. (1981) como o limite setentrional do Arco de Ponta Grossa, de direção NW e estaria presente na bacia desde o Devoniano. As regiões de Jacarezinho (PR) e Fartura-Taguaí (SP) situam-se ao longo deste alinhamento.

A Zona de Falha de Jacutinga corresponde a uma falha do embasamento pré-cambriano/epaleozóico (Soares, 1991) da Bacia do Paraná. É a mais importante estrutura de direção NE da bacia, que se estende desde a região de Misiones, na Argentina, até o sul de Minas Gerais, passando pelo município de Anhembi (SP) (Soares, 1996).

Entre o norte paranaense e o centro-leste paulista destaca-se a intensa cimentação silicosa e carbonática das fácies da Fm. Teresina, além da ocorrência de hidrocarbonetos em fraturas (Nomura et al., 2010). Apesar de existirem diversas questões ligadas à evolução diagenética da Fm. Teresina, são raros os estudos específicos sobre a origem e as condições de formação dos seus cimentos carbonático e silicoso.

Esta pesquisa teve por objetivo a estimativa das condições térmicas e a obtenção de dados composicionais dos fluidos responsáveis pela cimentação carbonática e silicosa, além da investigação da relação entre esses fluidos, migração e acumulação de hidrocarbonetos e os lineamentos de Guapiara e Jacutinga. Para tanto, foram realizados estudos das inclusões fluidas (petrografia óptica, microtermometria e espectrometria Raman) em calcita e quartzo autigênicos de zonas intensamente cimentadas da Fm. Teresina nas regiões de Anhembi (SP), Fartura-Taguaí (SP) e Jacarezinho (PR). A coleta das amostras foi acompanhada da caracterização de elementos tectônicos (sistemas de juntas) e deposicionais (fácies sedimentares).

Resultados

Na região de Anhembi, que se destaca pela acentuada cimentação silicosa, foram analisados cristais de quartzo que formam geodos em cavidades presentes no núcleo de estruturas cônicas de silexito (de altura média entre 0,5 a 1,5m), associadas à fácies de siltitos laminados e calcários silicificados. Estas rochas apresentam fraturas de direções diversas, com predomínio de direções entre WNW e NNW, desprovidas de preenchimento mineral.

No quartzo, a assembléia das inclusões fluidas ocorre com distribuição aleatória no interior dos cristais (origem primária). As temperaturas de homogeneização dos fluidos (TH) variaram de 55,8 a 177,6°C, com modas em 100°C e 160°C. As temperaturas do ponto eutético (TE) apresentaram valores entre -57,8 e -43,5°C, indicando um sistema composto por

$\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CaCl}_2$. A salinidade indicada pelas temperaturas de fusão do gelo (TFG) (de $-5,7$ a $-11,4^\circ\text{C}$) variou de 1,6 a 15,7% em peso de NaCl equivalente, sendo relativamente alta.

Na região de Fartura-Taguaí, foram analisados cristais de calcita que formam veios horizontais com feições de deformação dúctil e estilólitos. Esses veios ocorrem entre camadas de siltito arenoso carbonático (marga) e apresentam textura predominantemente espática. Nota-se ainda a ocorrência de betume nos poros do veio carbonático, associados à ocorrência de estilólito, e em fraturas de direção NW. Juntas verticais, com espaçamento decimétrico a métrico, demonstraram direções NNW e NW predominantes. Juntas de direção NNE e NE ocorrem em menor frequência e são mais dispersas.

As inclusões fluidas encontram-se dispersas de modo uniforme no interior dos cristais de calcita, indicando origem primária. As TH dos fluidos variaram de $45,6$ a $178,0^\circ\text{C}$, com modas em 80°C , 120 - 130°C e 170°C . As TE de $-52,5$ a $-43,5^\circ\text{C}$ também indicam o sistema $\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CaCl}_2$. As TFG variaram de $-22,2$ a $-3,2^\circ\text{C}$, o que aponta fluidos com grande variação na salinidade, desde 5,33 até 24,52% em peso de NaCl equivalente. A maior frequência de medidas entre $-15,3$ e $-9,6^\circ\text{C}$ indica salinidade relativamente elevada, de 19,32 a 13,74% em peso de NaCl equivalente. Análises por espectrometria Raman demonstraram a presença de inclusões de hidrocarbonetos e de solução aquosa com sulfato.

Em Jacarezinho, foram analisados cristais de calcita espática que ocorrem como preenchimento de fenda de tração subvertical (mergulho de 80°) de direção N320. Esta fenda de tração apresenta dimensões de 35 cm de comprimento e 1 a 2 cm de largura, em planta, e secciona camadas de arenito muito fino intercalado com siltito com cimento carbonático e laminação heterolítica. Fraturas de direção NW, NE e N ocorrem com frequências relativamente semelhantes.

As inclusões fluidas apresentam-se alinhadas no interior do cristal de calcita (origem pseudossecundária). As TH variaram de $114,6$ a $177,8^\circ\text{C}$, com moda entre 140 e 170°C . As TE variaram de $-49,1$ a $-41,2^\circ\text{C}$, o que sugere a existência de NaCl e um íon

bivalente (Ca^{2+} , Mg^{2+}) na solução. As TFG variaram de $-1,8$ a $-0,5^\circ\text{C}$, o que indica baixa salinidade (3,1 a 0,9 % em peso de NaCl equivalente).

Discussão

Em geral, em todas as regiões estudadas ocorrem fraturas com direção predominante NNW a NW. A região de Taguaí foi a que apresentou a maior frequência e menor dispersão das fraturas de direção NNW. Fraturas com direção NE, embora com menor frequência, também foram observadas em Taguaí e Jacarezinho. Em Anhembi, fraturas NE são menos evidentes, apresentando maior dispersão entre as direções NNE e ENE. Essas estruturas são compatíveis com o campo de tensão do eocretáceo, com esforços de extensão nas direções NW e NE. Assim, podem resultar de reativações tectônicas da Zona de Falha de Jacutinga e do Alinhamento de Guapiara, de direções NE e NW, respectivamente. Segundo Ferreira (1981), nesta região, as estruturas NW seriam produto da reativação do Alinhamento de Guapiara no eocretáceo, associadas a magmatismo basáltico. A região de Fartura-Taguaí registra uma das maiores manifestações desse magmatismo com extensas estruturas NW associadas a diques. Soares (1991) descreve a concentração de sills nas adjacências de estruturas NE, tais como a Zona de Falha de Jacutinga.

O vulcanismo Eocretáceo, magmatismo Serra Geral, teria sido importante na maturação e migração dos hidrocarbonetos dos folhelhos da Unidade Irati na Bacia do Paraná (Araújo et al., 2000). No domínio Fartura-Taguaí, a presença de inclusões de hidrocarbonetos no interior de cristais de calcita indica a migração de hidrocarbonetos concomitante com a percolação de fluidos aquosos. A presença de hidrocarbonetos em fraturas de direção NW (Eocretáceo) sugere a migração de fluidos diagenéticos durante o magmatismo Serra Geral.

Assim, a origem dos fluidos aquosos responsáveis pela precipitação dos cimentos carbonático e silicosos seria a hidrotermal ligada ao evento magmático Serra Geral. Isto também é embasado pelos elevados valores de TH ($>100^\circ\text{C}$) observados nesses fluidos, os quais

não poderiam ter sido alcançados apenas por soterramento.

Descontinuidades associadas à reativação eocretácea da Zona de Falha da Jacutinga e do Alinhamento de Guapiara constituiriam rotas preferenciais para a migração de fluidos diagenéticos aquosos e de hidrocarbonetos. Ambas estruturas teriam influenciado no modo de migração desses fluidos, que se daria principalmente na direção vertical, através de falhas e fraturas associadas a estes lineamentos. Isto é embasado pelo fato de que as fácies arenosas ou carbonáticas apresentam-se descontínuas, o que dificultaria a conexão horizontal, e pela presença de fluidos de diferentes composições. Os fluidos responsáveis pela cimentação carbonática e silicosa em Anhembi, Fartura-Taguaí e Jacarezinho apresentam salinidades distintas, sugerindo compartimentos hidrodinâmico-diagenéticos diferentes. Os fluidos mais salinos (Fartura-Taguaí e Anhembi) teriam origem em águas quentes hidrotermais profundas, possivelmente enriquecidas pela dissolução de evaporitos, enquanto que os fluidos de baixa salinidade (Jacarezinho) seriam mais superficiais (meteórico).

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Processo: 2009/52270-6), à Dra. Maria Sylvia Dantas pelas análises Raman (Instituto de Ciências Exatas – Universidade Federal de Minas Gerais) e à Alexandra Fernandes Oliveira (Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo (IGC – USP)),

Johanna Mendéz Duque (IGC – USP) e Manuela Pinheiro Ferreira (IGC – USP) pela colaboração na aquisição de dados de campo e laboratoriais.

Referências

- Araújo L.M., Triguís J.A., Cerqueira J.R., Freitas L. C. da S. 2000. The atypical Permian petroleum system of the Paraná Basin, Brazil. *In: Mello, M.R. & Katz, B.J. (eds.). Petroleum systems of South Atlantic margins. AAPG Memoir*, 73: 377-402.
- Ferreira F.J.F., Moraes R.A.V., Ferrari M.P., Vianna R.B. 1981. Contribuição ao estudo do alinhamento estrutural de Guapiara. *In: Simpósio Regional de Geologia*, 3, Curitiba, Atas, Curitiba, SBG, Núcleo de São Paulo, 1: 226-240.
- Nomura, S.F., Sawakuchi, A.O., Bello, R.M., Dantas, M.S.S. 2010. Caracterização de ocorrência de hidrocarbonetos da Formação Teresina, Bacia do Paraná no Estado de São Paulo. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 45, Boletim de Resumos, Belém, SBG.
- Soares P.C., Rostirolla S.P., Ferreira F.J.F., Stevanato R. 1996. Alto Estrutural Pitanga-Quatingá-Jacutinga na Bacia do Paraná: uma estrutura litosférica. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 39, Salvador, SBG, Anais, 5: 411-415.
- Soares P.C. 1991. *Tectônica sin-sedimentar cíclica na Bacia do Paraná*. Tese de Titular. UFPR, Curitiba, PR. 148 p.