Análise petrográfica e diagenética das rochas Formação Barra Velha na Bacia de Santos

Palavras-Chave: rochas carbonáticas, Formação Barra Velha, diagênese, silicificação, dolomitização.

Nathália Rocha Amorim - IG/UNICAMP

Prof. Dr. Alexandre Campane Vidal - IG/UNICAMP

INTRODUÇÃO

Os reservatórios do pré-sal apresentam uma incógnita geológica que tem fomentado grande investimento em pesquisa, isso devido ao seu grande volume e extensão de suas reservas e elevada heterogeneidade geológica. Esta heterogeneidade é ocasionada pelos vários processos associados à formação da rocha, sendo constituídos por reservatórios carbonáticos lacustres, controlados por falhas e fraturas, com associação de cimentação de quartzo, dolomita e processos de dissolução.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar os processos diagenéticos e os principais controles de origem e evolução dos sistemas de poros, a partir da cimentação, dissolução e substituição dos minerais nas rochas carbonáticas do Pré-Sal da Formação Barra Velha da Bacia de Santos (Terra et al. 2010). O estudo é realizado por meio da petrografia óptica (luz plana polarizada PL; luz polarizada cruzada XPL) com a finalidade de correlacionar os principais tipos de cimento: sílica e carbonática, com as fácies definidas para o intervalo do pré-sal, possibilitando melhor compreensão das heterogeneidades dos diversos reservatórios existentes.

Sendo assim, é de fundamental importância classificar as fácies, componentes mineralógicos, conteúdo fossilífero e geoquímica para assim ter condições de melhorar a previsibilidade e entender as heterogeneidades dos reservatórios (Basan et al. 1997) de modo que se tornem cada vez mais viáveis economicamente e diminuam os impactos ambientais.

METODOLOGIA

A partir de revisões bibliográficas de importantes autores da área da própria Bacia de Santos assim como sistemas análogos no mundo e juntamente com materiais fornecidos, 53 lâminas de seções delgadas estudadas no laboratório do Cepetro (UNICAMP), foi possível realizar a análise petrográfica e a aquisição de imagens por scanner, que possibilitaram

interpretar a origem, evolução e em como os processos diagenéticos: dissolução, cimentação, substituição e percolação de fluidos hidrotermais influenciam na porosidade e a conexão entre os poros.

As aquisições de dados e imagens foram realizadas em duas etapas: (1) contou com a análise petrográfica em luz natural e polarizada, com aumento máximo de 40x que permitiu a identificação detalhada da mineralogia e entender os processos diagenéticos; (2) a partir de um scanner de alta resolução que proporcionou realizar medidas de tamanhos de poros, grãos e a realizar ajustes de escala com o auxílio de um software chamado InkScape. Essas medidas são de extrema importância para a classificação das fácies já que estão relacionadas a granulometria da rocha, assim como ter condições de classificar os sistemas e tamanhos de poros presentes. Além disso, os poros foram impregnados com epóxi azul que orienta a sua identificação e consequentemente a classificação.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia de Santos é uma bacia de margem passiva e sua diagênese está relacionada a separação da América do Sul e África ocorrida no Cretáceo Inferior. O processo da tectônica rifte (Barremiano) (Carminatti et al. 2008, 2009; Nakano et al. 2009), com a abertura para a formação das bacias de margem passiva no Brasil ocorreram de sul para norte, dando origem a uma série de grabens e horsts que possibilitaram a formação de pequenos lagos com deposição dominada por sedimentos siliciclásticos e carbonatos lacustres (Fetter, 2020). No início do Aptiano o rifteamento cessou e iniciou-se o processo de subsidência, definido como Sag (Carminatti et al., 2009) ou pós-rifte (Moreira et al., 2007) que permitiu acúmulos de carbonatos em altos estruturais que, juntamente com variações do nível do mar possibilitaram a formação das camadas de sal afetando as plataformas em evolução. Sendo assim, todos os depósitos antes desse momento são considerados como camadas do Pré-Sal.

Uma ampla parte da margem continental formada foi inundada por um mar raso durante o Albiano que condicionou a formação de uma extensa plataforma carbonática depositada sobre os evaporitos da fase anterior. A plataforma carbonática foi progressivamente afogada e o ambiente foi recebendo cada vez mais influência marinha, predominando sedimentos siliciclásticos a partir do Cenomaniano.

A Formação Barra Velha da Bacia de Santos, com idade Aptiana, formada em ambiente lacustre, compreende os depósitos carbonáticos do play petrolífero “Pré Sal” e recebe destaque por diversas incertezas que dizem respeito à sua evolução, influência microbial na diagênese das rochas e o tipo de ambiente deposicional. Além disso, os carbonatos naturalmente apresentam grandes heterogeneidades geológicas, associadas a variabilidade de fácies, intensa atividade diagenética e elevada densidade de fraturas.

São vários fatores que controlam a gênese dos carbonatos lacustres, tais como tectônica, clima, fauna além das condições geoquímicas, sendo essas influências a partir de geologia local. A porosidade por sua vez é controlada pelos processos de interação entre os processos deposicionais biológicos, químicos e físicos, seguidos de diagênese intensa devido a alta reação dos carbonatos, assim como processos de fraturamento e hidrotermalismo (Ehrenberg et al. 2006; Ehrenberg et al. 2012; Chafetz 2013).

As principais fase de cimentação das rochas do pré-sal é definida por dois tipos: (1) sílica, na forma de quartzo microcristalino, calcedônia e mega quartzo, sendo essa a principal

direção grão-poro, sendo também é possível encontrar sílica amorfa; (2) e pela cimentação carbonática, representada pela calcita e por substituição de dolomita romboédrica originado pelo processo de dolomitização.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As principais fácies definidas para o intervalo do Pré-Sal foram: Shrubs, Intra-grainstones, Intra-packstones, Esferulitos e Dolostones (Wright & Barnett, 2015) e (Gomes et al. 2020),, sendo as fácies Shrubs e Intra-grainstones os principais reservatórios. É possível notar padrões nas fases de cimentação de sílica, onde o quartzo microcristalino (figuras 1B, C) representa uma fase inicial bordeando os grãos enquanto os mega quartzo ocorrem em fases finais (figura 1A, B, C) entre a calcedônia (figuras 1A, 3B, C ,D) e poros são preenchidos , diminuindo a porosidade da rocha. Já a cimentação carbonática, dada por calcita e dolomita, ocorre associadas (figura 2) e possivelmente substituindo os argilominerais (Lima & De Ros, 2019), além disso, ocorre a substituição de calcita para dolomita, a partir do processo de dolomitização. A calcita é formada em estágios iniciais da diagênese ou até mesmo durante a deposição, já a dolomita através de interações químicas, ocorre preenchendo parcialmente espaços porosos e em algumas vezes de forma “flutuante”.

Pode ocorrer a substituição dos esferulitos em seu núcleo, tanto por sílica (figura 3A) quanto por calcita (figura 3C), sendo a substituição parcial ou completa (figura 3B). A ocorrência de sílica amorfa (figura 1C, D) está associada na maioria das amostras com o preenchimento de fraturas e preenchimento de poros, o que sugere um evento tardio quando comparado aos outros tipos de cimentação. As amostras da figura 1 compreende a fácies Intra-grainstones; figura 2 Dolostones (A e C), Esferulitos (C) e Intra-packstones (D); figura 3 Esferulitos.

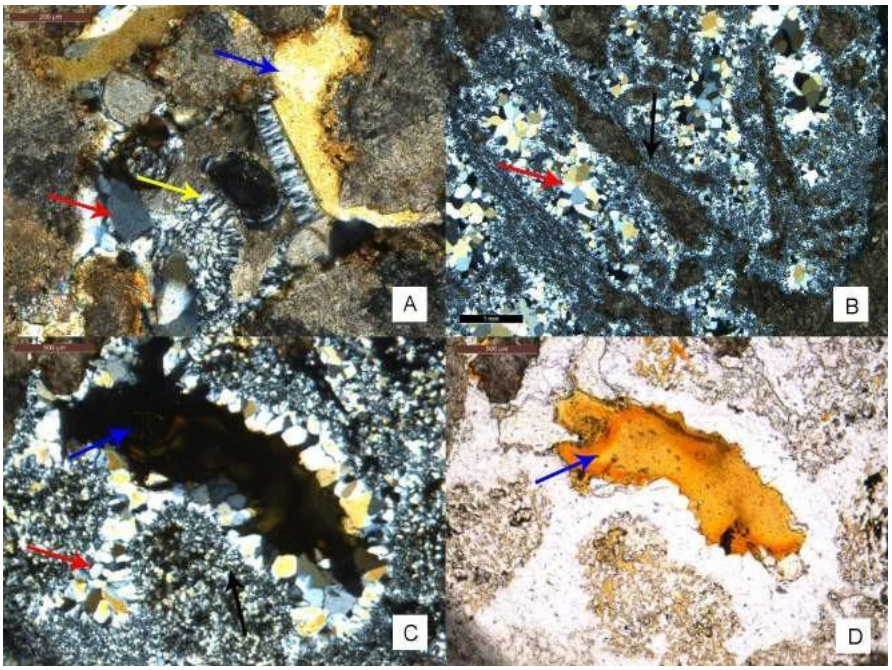

Figura 1: Tipos de cimentação por sílica: A) Sílica amorfa (seta vermelha), calcedônia fibrosa (seta amarela), mega quartzo (seta vermelha) em XPL; B) Quartzo microcristalino (seta preta), mega quartzo (seta vermelha) em XPL; C e D) Quartzo microcristalino (seta preta), mega quartzo (seta vermelha) e sílica amorfa (seta azul) em XPL e PL respectivamente

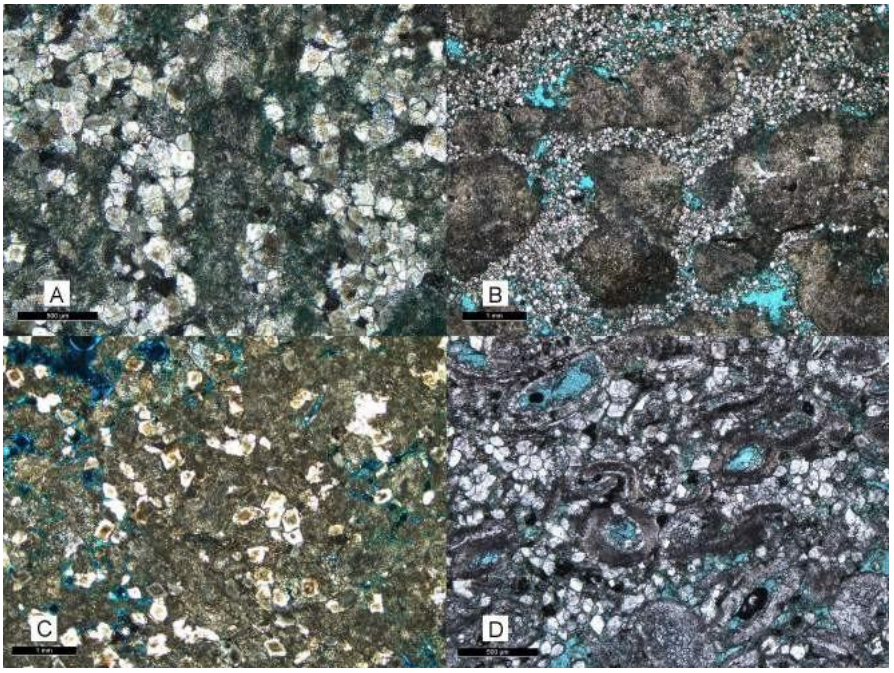

Figura 2 - Cimentação carbonática por calcita e/ou dolomita. Processo de dolomitização substituindo calcita por dolomita romboédrica A, B e C em XPL, D em PL. Poros com impregnação de epóxi azul.

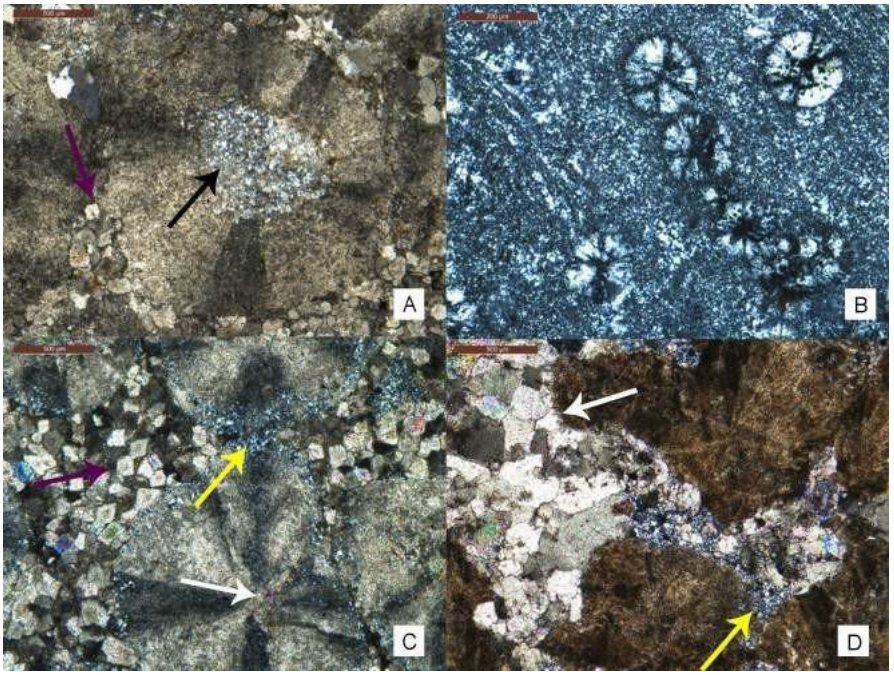

Figura 3 - Cimentação mista de sílica e calcita/dolomita em XPL. A) Processo de silicificação no núcleo do esferulito (seta preta), Dolomita romboédrica (seta roxa); B) Esferulitos de sílica e cimentação por calcedônia; C) Calcedônia (seta amarela) bordeando os grãos e dolomita romboédrica mais distante dos grãos (seta roxa), Início de substituição por calcita no núcleo do esferulito (seta branca); D) Calcedônia (seta amarela) e grandes cristais de calcita (seta branca).

CONCLUSÕES

As rochas carbonáticas apresentam elevada complexidade devido a sua composição e sistema poroso heterogêneos. Estudos são essenciais e abrangem diversas áreas tanto dentro da geologia, como sedimentologia, estratigrafia e geofísica como as áreas da engenharia (mecânica, materiais, elétrica e outras). A interdisciplinaridade dos assuntos que compreendem os estudos das rochas do pré sal é o que torna cada vez mais possível o desenvolvimento de modelos de reservatórios, sendo assim, é importante que a caracterização dessas rochas sejam feitas a partir da correlação do máximo de dados possíveis, como

petrográfico, descrições de testemunhos de sondagem, sísmica, petrofísica apoiados em sistemas análogos ao redor do mundo e em referências bibliográficas.

Portanto, a partir da análise petrográfica e diagenética é possível obter diversos dados que são cruciais na classificação dos carbonatos de modo que as heterogeneidades possam ser melhor interpretadas e compreendidas. Logo, existem muitas correlações e estudos que podem ser realizados a fim de melhorar a caracterização desses reservatórios para torná-los progressivamente mais precisos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basan, P.B., Lowdenl, B.D., Whattler, P.R., and Attard, J.J., 1997, Pore-size data in petrophysics: a perspective on the measurement of pore geometry, in Lovell, M.A., and Harvey, P.K., eds., Developments in Petrophysics: Geological Society of London, Special Publication 122, p. 47–67

Carminatti, M., B.Wolff, and L. Gamboa, 2008,New exploratory frontiers in Brazil: Proceedings of the 19th World Petroleum Congress, Madrid, Spain, June 29–July 3, 2008, 11 p.

Chafetz, H. S. & Guidry, S. A. 1999. Bacterial shrubs, crystal shrubs and ray-crystal shrubs: bacterial v. abiotic precipitation. Sedimentary Geology, 126, 57–74.

Chafetz, H.S., 2013, Porosity in bacterially induced carbonates: focus on micropores: American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, v. 97, p. 2103–2111.

Ehrenberg, S.N., Eberli, G.P., KeramatiI, M., and Moallemi, S.A., 2006, Porosity– permeability relationships in interlayered limestone–dolostone reservoirs: American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, v. 90, p. 91–114.

Ehrenberg, S.N., Walderhaug, O., and Bjorlikke, K., 2012, Carbonate porosity creation by mesogenetic dissolution: reality or illusion? American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, v. 96, p. 217–233.

LIMA, B. E., DE ROS, L. F. 2019. Deposition, diagenetic and hydrothermal processes in the Aptian Pre-Salt lacustrine carbonate reservoirs of the northern Campos Basin, offshore Brazil. Sediment. Geol., v. 383, pp. 55-81.

Moreira, J. L. P., Madeira, C. V., Gil, J. A. & Machado, M. A. P. 2007. Bacia de Santos. Boletin Geociencias Petrobras, 15, 531–549.

Nakano, C. M. F., Pinto, A. C. C., Marcusso, J. L. & Minami, K. 2009. Pre-Salt Santos Basin – extended well test and production pilot in the Tupi area – the planning phase. In: Offshore Technology Conference, Houston, TX, 4–7 May 2009, OTC 19886.

Fetter M. R. L., PALEOGEOGRAFIA do Pré-Sal. [*S. l.*: *s. n.*], 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=vqNFXtxnK8w&t=1140s. Acesso em: 20 mar. 2021.

Terra, G. J. S., Spadini, A. R. et al. 2010. Classificação de rochas carbonáticas aplicável às bacias sedimentares. Boletin Geociencias Petrobrás, 18, 9–29.

Wright, V. P. & BARNETT, A. J. 2015. Na abiotic model for the development oftextures in some South Atlantic early Cretaceous lacustrine carbonates. GeologicalSociety, London, Special Publications, v. 418, pp. 209 – 219.