

# 9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



**9º CONGRESSO**  
Brasileiro de **P&D** em  
**PETRÓLEO E GÁS**

**Maceió, AL**  
de 09 a 11 de novembro  
**2017**

*Realização:*



**ABPG**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM  
PETRÓLEO E GÁS



## **TÍTULO DO TRABALHO:**

**EVOLUÇÃO DIAGENÉTICA DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO TACARATU, BACIA DE MIRANDIBA, NE DO BRASIL**

## **AUTORES:**

Jennifer Mikaella Ferreira Melo<sup>1</sup>, Zenilda Vieira Batista<sup>2</sup>, Maria Luana Agra Silva<sup>3</sup>

## **INSTITUIÇÃO:**

<sup>1</sup>Engenharia de Petróleo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, <sup>2</sup>Engenharia de Petróleo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, <sup>3</sup>Engenharia de Petróleo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas

## EVOLUÇÃO DIAGENÉTICA DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO TACARATU, BACIA DE MIRANDIBA, NE DO BRASIL

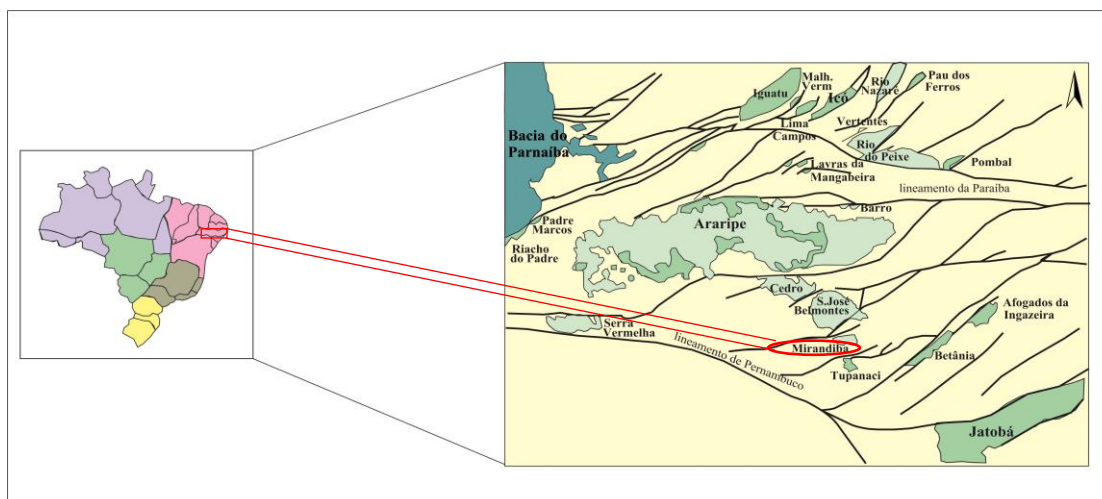
### Abstract

The Mirandiba basin is located at South-center of Pernambuco state; On it, is found the Tacaratu formation (basal sequence of the basin). Because it's little studied, this formation is still little known, mostly on what concerned to the diagenetic's processes that act on these rocks. In this aspect, this work will fill this lacuna of literature on the unit under consideration, it has the objective to introduce the diagenetic evolve of the sandstones related to the Tacaratu formation, of Mirandiba basin. The petrographic analysis performed through optical microscopy, scanning electron microscopy and x-ray diffraction revealed that this unit is composed of sandstones rich in quartz, feldspar, besides accessory minerals. These fragments exhibit angular to sub arranged grains, poorly selected, with loose packing type, which affects directly on the porosity of the rock. The diagenetic evolution is represented by the stages of diagenesis, mesodiagenesis and telodiagenesis. The main stage is mesodiagenesis, characterized by the dissolution of grains (creating secondary porosity), altering and replacing grains (feldspar, muscovite and biotite) by some clay minerals (smectite, kaolinite and illite). ). The predominant porosity is the intergranular primary, also occurring secondary porosity (moiety, dissolution and fracture). Preliminary petrographic results reveal that the composition and original porosity of the Tacaratu Formation sandstones were poorly modified by diagenesis.

### Introdução

A Bacia de Mirandiba, juntamente com as bacias de São José do Belmonte, Cedro, Fátima, entre outras, forma um conjunto de pequenas bacias sedimentares denominadas de “Bacias Interiores do Nordeste brasileiro” (Figura 1), originadas a partir de eventos tectônicos ocorridos no Eocretáceo, responsáveis pela quebra do Supercontinente Gondwana e abertura do Oceano Atlântico (MATOS, 1992).

Localizada na porção centro-sul do Estado de Pernambuco, na cidade de Mirandiba, a Bacia de Mirandiba possui uma área de aproximadamente 116 km<sup>2</sup>. Nela, encontra-se a Formação Tacaratu, (sequência basal da bacia), composta por arenitos médios a grossos, arenitos conglomeráticos e siltitos, depositados por sistema de leques aluviais e fluvial entrelaçado.



**Figura 1:** Mapa de localização das bacias Interiores do Nordeste do Brasil, onde está inserida a Bacia Mirandiba (ver círculo em vermelho). Fonte: Batista (2015).

Estudos petrográficos e diagenéticos na Formação Tacaratu (Bacia de Mirandiba), são pouco conhecidos. Neste contexto, este trabalho vai contribuir para o preenchimento de parte dessa lacuna do conhecimento relacionado à diagênese dessas rochas. Além disso, a necessidade de estudo dos processos diagenéticos nos arenitos Tacaratu, tem como objetivo apresentar a evolução diagenética dessas rochas e conhecer a influência desses processos na porosidade das mesmas.

Sabe-se que a porosidade e permeabilidade das rochas são controladas principalmente por processos diagenéticos. Desta forma, entender estes processos ajuda a inferir o potencial da rocha analisada como reservatório de fluidos.

Schrank (2013), analisando os processos e padrões diagenéticos dos arenitos cretáceos de bacias da margem equatorial brasileira, concluiu que os processos diagenéticos reduziram fortemente a porosidade destas rochas. Já Martine (2010), estudando os padrões diagenéticos e porosidade dos depósitos siliciclásticos-carbonáticos dos campos de Fazenda Santa Luzia e Fazenda São Rafael, Bacia do Espírito Santo, observou que a diagênese foi responsável por uma intensa modificação e redistribuição da porosidade e permeabilidade destas rochas.

### **Materiais e Métodos**

Para realização desse trabalho foram coletadas dez amostras de rochas em afloramentos, das quais, oito foram selecionadas para confecção de lâminas petrográficas e posteriormente estudadas no microscópio petrográfico. Duas amostras foram analisadas no microscópio eletrônico de varredura (MEV), visando caracterizar melhor os constituintes diagenéticos presentes nessas rochas.

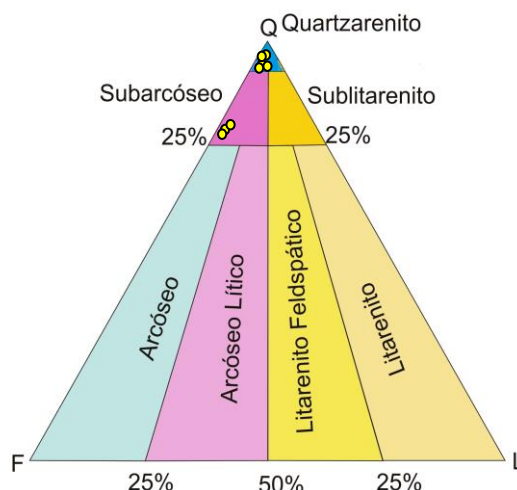
A caracterização petrográfica foi realizada a partir da quantificação de 300 grãos em cada lâmina; foram quantificados constituintes primários, diagenéticos e porosidade. Os aspectos texturais analisados foram granulometria, arredondamento e seleção dos grãos. O índice de empacotamento foi determinado segundo Kahn (1956); também foi definida maturidade textural e mineralógica.

Os argilominerais existentes nas amostras foram identificados com base na análise de difração de Raios-X em duas amostras. Esta técnica permite uma identificação qualitativa e semiquantitativa da mineralogia da fração < 2µm, onde é possível encontrar a maior parte dos argilominerais.

### **Resultados e Discussão**

#### **Petrografia**

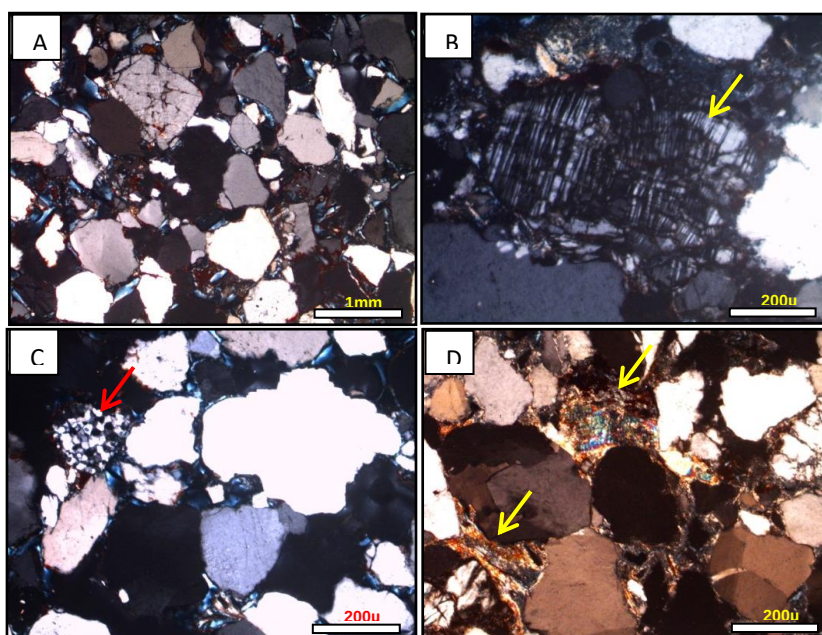
A análise petrográfica revelou que os arenitos estudados são ricos em quartzo e feldspatos, além de minerais acessórios e poucos fragmentos líticos. Apresentam uma composição mineralógica contendo em torno de 68%, 7% de feldspatos, cerca de 3% de fragmentos líticos e uma média de 2% de minerais acessórios, sendo classificados como quartzarenito e subarcóseo (segundo Folk, 1968; Figura 2).



**Figura 2:** Classificação composicional dos arenitos da Formação Tacaratu, segundo Folk (1968).

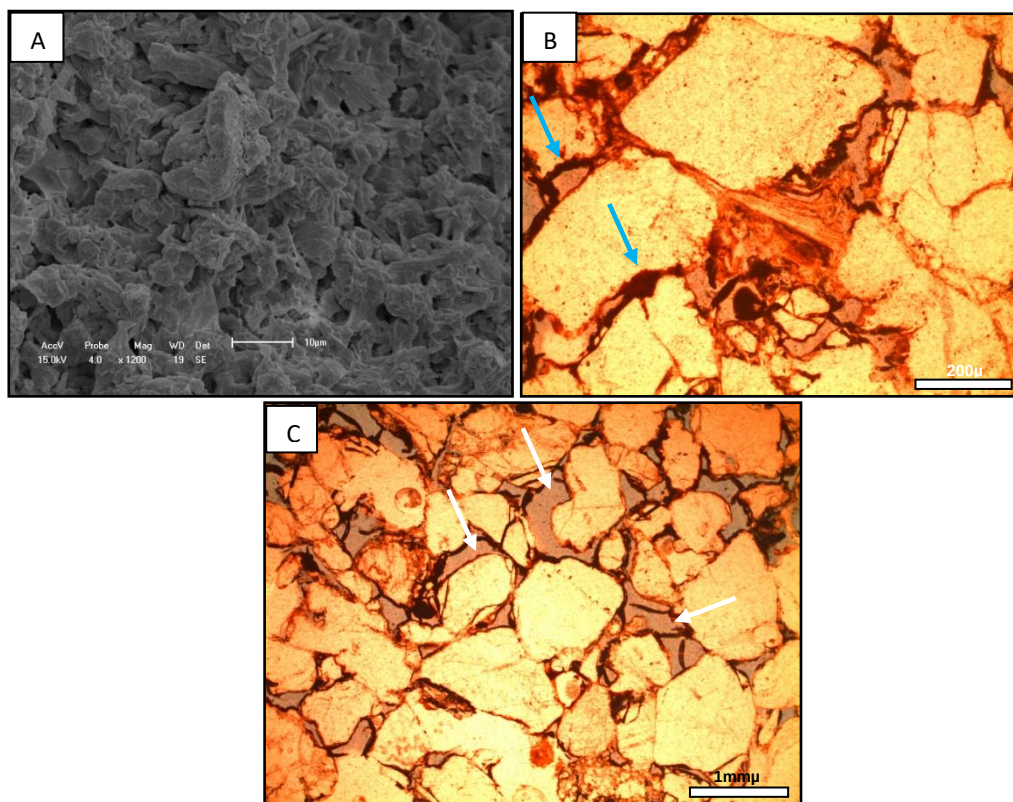
Os grãos de quartzos são predominantemente monocristalinos plutônicos (Figura 3A), mas também ocorre o metamórfico, além de policristalinos metamórficos; os grãos apresentam extinção ondulante e reta. Já os feldspatos são principalmente microclima (Figura 3B) e plagioclásio, apresentando-se alterados em algumas amostras. Enquanto os fragmentos líticos são compostos principalmente de rocha sedimentar (*chert*, Figura 3C), granito e metamórfica de baixo grau (provável ardósia). Os minerais acessórios mais comuns observados foram muscovita (Figura 3D), biotita, opacos; em menor quantidade ocorrem anfibólio, epidoto e zircão.

O arredondamento dos grãos varia de angulosos a subangulosos, sendo estes mal selecionados. Estes fatores afetam diretamente a porosidade nos arenitos, uma vez que, quanto mais arredondados e melhores selecionados, maior será a porosidade da amostra. Já do ponto de vista textural, esses arenitos são classificados como maduros e submaduros. A baixa maturidade textural é evidenciada pela presença de mais de 5% de matriz, presença de grãos instáveis como anfibólio, além da angulosidade dos grãos. A matriz argilosa é arenosa e argilosa, sendo que a argilosa é constituída principalmente por caulinita (Figura 4A) e traços de esmectita. O cimento predominantemente ferruginoso (Figura 4B) e, em menor quantidade, ocorre o cimento caulínítico e silicoso (crescimento secundário de quartzo).



**Figura 3:** A) Grãos de quartzo monocristalinos, angulosos e subangulosos (nicóis cruzados). B) Feldspato microclima (seta, nicóis cruzados). C) Fragmento de *chert* (seta, nicóis cruzados). D) Muscovita (setas, nicóis cruzados).

O empacotamento é do tipo frouxo e normal, segundo Kahn (1956), predominando contatos pontuais e flutuantes entre os grãos do arcabouço, seguido de contatos retos. Predomina porosidade primária intergranular (Figura 4C), ocorrendo também, porosidade do tipo secundária, originada por dissolução e fratura de grãos, com uma porcentagem média estimada em torno de 8%.

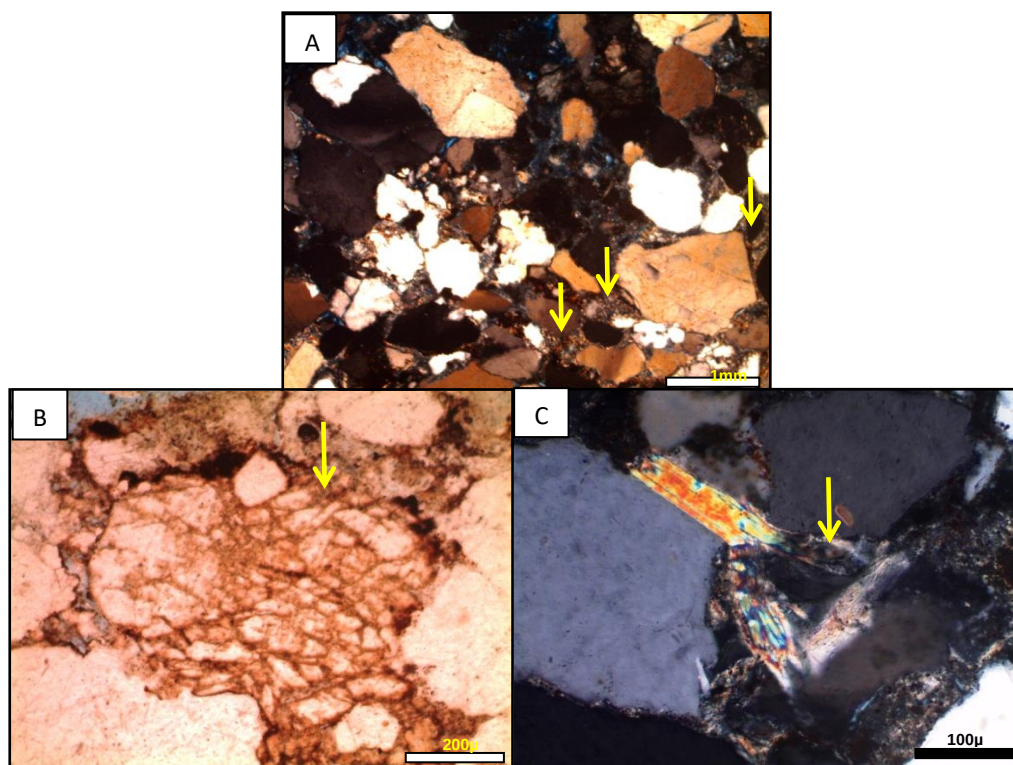


**Figura 4:** A) Caulinita vista em MEV. B) Cimento ferruginoso (óxido/hidróxido de ferro), bordejando grãos (setas, nicóis paralelos). C) Porosidade primária intergranular (setas, nicóis paralelos).

## Diagênese

Para o estudo da evolução diagenética dos arenitos estudados foi realizada uma análise petrográfica prévia das composições mineralógica e textural. Por meio das relações petrográficas observadas, foi possível inferir uma sequência de eventos, conforme apresentada a seguir.

Nos arenitos estudados a história diagenética é representada pelos estágios da eodiagênese, mesodiagênese e telodiagênese, segundo a classificação de Choquette & Pray (1970). No estágio eodiagenético destaca-se a argila mecanicamente infiltrada na forma de agregado e circulando grãos (Figura 5A e ver a Figura 4B) e compactação mecânica (representada pelo faturamento de grãos de feldspato; Figura 5B). O principal estágio é o mesodiagenético, caracterizado por dissolução de grãos, gerando porosidade secundária; alteração de grãos (feldspatos e moscovitas, Figura 5C) e substituição dos mesmos por argilominerais (caulinita e illita). Na telodiagênese ocorre a cimentação por óxido e hidróxido de ferro gerado pelo processo de alteração e dissolução de minerais ferromagnesianos.



**Figura 5:** Argila infiltrada na forma de agregados (setas, nicóis cruzados). B) Grão de feldspato fraturado (seta, nicóis paralelos). C) Muscovita alterada, se caulinizando (sendo substituída por caulinita) (seta, nicóis cruzados).

### Infiltração Mecânica de Argila

A argila infiltrada encontrada foi do tipo caulinita e traços de esmectita, porém ocorre em pequena quantidade. Segundo Crone (1975, *apud* De ROS 1986), a argila pode ser introduzida após a deposição de sedimentos, pela água de enxurradas episódicas, quando o lençol freático é rebaixado a níveis profundos, conduzindo a argila pelas gargantas dos poros, através da zona vadosa (quando os poros estão parcialmente preenchidos por gases e água), decantando nas superfícies dos grãos. Nesse processo, como a argila em suspensão é bem menor do que as “gargantas” dos poros, e a vazão de infiltração, gravitacionalmente impelida através da zona vadosa, é de início bastante alta, as lamelas de argila promove sua decantação na superfície dos grãos, onde aderem.

A caulinita tem origem diagenética, pela alteração e transformação de minerais menos estáveis, como o feldspato e muscovita. É produto do intemperismo, e é formada em solos de pH ácidos, solos com intensa lixiviação. Este argilomineral é mais comum em áreas com intemperismo tropical, de clima quente e úmido.

### Compactação Mecânica

Segundo Martini (2010), a compactação mecânica corresponde a processos advindos de soterramento que originam a redução tanto dos espaços porosos, quanto do volume total de sedimentos. Os processos mecânicos envolvem deformação de interclastos e de minerais lamelares, como micas, e fraturamento e rotação de grãos (CAETANO-CHANG & FU TAI, 2003).

De acordo com Wolela & Gierlowski-Kordesch (2004), a compactação mecânica é responsável pela expulsão de água intersticial dos poros e o rearranjo dos grãos. Este processo afeta, predominantemente, o arcabouço da rocha, devido às mudanças físicas dos grãos, tais como: deslizamento e rotação; deformação plástica e elástica; fraturamento e formação de pseudomatrix (SILVA, 2009).

### **Alteração e Substituição de Minerais**

Nos arenitos analisados, os processos de alteração e substituição de muscovita e feldspatos (sofrendo caulínização) são frequentes. É possível que a exposição de grãos de feldspatos aos processos mesogenéticos e ao intemperismo tenha intensificado sua alteração, produzindo feldspatos parcial ou totalmente caulínizados. Desta forma, feldspato pode ter originado a caulina encontrada nas rochas estudadas.

A ilitização de feldspatos, conforme ocorre nos arenitos analisados, pode resultar na precipitação dessa illita nos espaços porosos. Segundo Sansone (2014), a illita, pertencente ao grupo de minerais argilosos, ocorre na forma de fibras de diâmetro de ordem submicrométrica. Este argilomineral pode resultar na redução significativa da permeabilidade e pequena redução da porosidade. A illita também pode ser formada pela transformação de esmectita detritica proveniente da bioturbação de matriz ou pseudomatrix, formada pela compactação de intraclastos lamosos (LIMA & DE ROS, 2002). Este argilomineral pode resultar na redução significativa da permeabilidade e pequena redução da porosidade.

### **Dissolução de Grãos**

A dissolução de grãos presente nas rochas aqui analisadas é parcial, gerando porosidade secundária. Esse tipo de porosidade, embora seja comum no estágio da mesodiagenese, também pode ocorrer ainda na eodiagenese, visto que nessa etapa diagenética os sedimentos ainda sofrem influência da superfície.

Segundo Menezes (1999), o evento de dissolução de rochas sedimentares aflorantes é referenciado, na maioria das vezes, como decorrente da percolação de águas intersticiais de origem meteórica que interagem com grãos do arcabouço e com o cimento, promovendo solubilização parcial ou integral dos mesmos. Ainda, segundo a autora, a geração de porosidade secundária surge como consequência imediata deste evento.

Nos arenitos Tacaratu, ocorre a dissolução de feldspato gerando porosidade secundária. Este tipo de dissolução se dá a partir do contato de águas meteóricas ácidas na formação, mas também pode ocorrer a dissolução por água conata, nas partes mais profundas.

### **Cimentação por Óxido e Hidróxido de Ferro**

A cimentação por óxido e hidróxido de ferro foi identificada em parte dos arenitos estudados, ocorrendo em quantidades consideráveis, constituindo o cimento dominante. Apresenta-se como finas películas circundando os grãos e preenchendo espaços porosos. Os minerais autigênicos de ferro nestas unidades constituem-se, principalmente de goetita.

### **Cimentação por Sílica**

Nessas rochas, a cimentação por sílica ocorre na forma de crescimento secundário de quartzo, porém, é pouco representativo. A formação desse tipo de cimento se dá a partir do deslocamento de água de fontes profundas enriquecidas em sílica, ao entrar em contato com areias quartzosas, gerando tal cimentação.

### Conclusões

As análises petrográfica e diagenética realizadas nos arenitos da Formação Tacaratu (Bacia de Mirandiba) mostraram que estas rochas são ricas em quartzo e feldspatos, com escassos em fragmentos líticos. Assim, com base nas proporções de quartzo, feldspatos e fragmentos líticos, essas rochas foram classificadas como sendo quartzarenito e subarcóseo.

A porosidade é, sobretudo, primária do tipo intergranular, ocorrendo de forma subordinada a, intragranular, como produto da dissolução de grãos. Predomina empacotamento frouxo e normal, com contatos pontuais e flutuantes, evidenciando baixa compactação dessas rochas e preservação da porosidade original.

A análise da diagênese se fez muito importante no que diz respeito à análise do histórico da rocha e, conseqüentemente, na sua avaliação como bom reservatório. Estas rochas passaram pelos processos da eodiagênese, mesodiagênese e telodiagênese.

Os processos de compactação mecânica e infiltração de argila ocorrem principalmente no estágio da eodiagênese, indicando proximidade da superfície deposicional. A eodiagênese foi influenciada pela circulação de águas meteóricas nos sedimentos da Formação Tacaratu. No ambiente mesodiagenético esses arenitos sofreram soterramento pouco mais efetivo, representado por dissolução e alteração de grãos. Durante a telodiagênese deu-se a retomada de infiltração de água de origem meteórica, precipitando o cimento ferruginoso.

De modo geral, nota-se que a composição e a textura original dos arenitos da Formação Tacaratu foram pouco modificadas. Essas rochas foram submetidas a uma diagênese pouco intensa, com poucos processos diagenéticos, contribuindo para a preservação da porosidade original. Assim, percebe-se que os referidos arenitos apresentam características de potenciais indicadores de reservatório.

### Agradecimentos

À orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Zenilda Vieira Batista, por disponibilizar o material para realização desse artigo. Agradeço também, pela orientação, apoio e confiança.

### Referências Bibliográficas

BATISTA, Z.V. 2015. *Caracterização Faciológica, Petrográfica e Diagenética das Sequências Basais das Bacias do Parnaíba, Araripe, São José do Belmonte e Lavras da Mangabeira: Contribuição às Correlações dos Arenitos Basais e Suas Implicações Geotectônicas*. Recife, PE. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

CAETANO-CHANG, M. R.; WU, F. T. **Diagênese de arenitos da Formação Pirambóia no Centro-leste Paulista**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, 2003.

CHOQUETTE, P. W. & L. C. PRAY. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 54, 1970. p.207-250.

DE ROS, L.F. **Petrologia e características de reservatórios da Formação Sergi (Jurássico) no Campo de Sesmaria, Bacia do Recôncavo, Brasil.** Universidade Federal de Ouro Preto. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 1986.

FOLK, R. L. Petrology of sedimentary rocks. Austin, Texas, Hemphill's, Pub., 1968. 107p.

KAHN, J. S. The analysis and distribution of the properties of packing in sand size sediments. Journal Geology, 64 (4). 1956. p.385-395.

LIMA, R.D.; DE ROS, L.F. **The role of depositional setting and diagenesis on the reservoir quality of Devonian sandstones from the Solimões Basin, Brazilian Amazonia.** In: Marine and Petroleum Geology, Pub. Elsevier, 2002. p. 11- 25.

MARTINE, M. 2010. Controles deposicionais sobre a composição primária, padrões diagenéticos e porosidade dos depósitos mistos siliciclásticos-carbonáticos dos campos de Fazenda Santa Luzia e Fazenda São Rafael, Bacia do Espírito Santo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, 97p.

MENEZES, M. R. F. **Estudos sedimentológicos e o contexto estrutural da Formação Serra do Martins, nos platôs de Portalegre, Martins e Santana/RN.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, 1999.

SANSONE, E.C. **Porosidade das Rochas.** Notas de Aula, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, 2014.

MATOS, R. M. D. The northeast Brazilian rift system. Tectonics, 11 (4): 1992. p.766-791.

SCHRANK, A. B. S. 2013. Processos e padrões diagenéticos em arenitos cretáceos de bacias da margem equatorial ocidental brasileira. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, 98p.

SILVA, L.S. **Análise sedimentológica e petrológica da Formação Sergi próximo da Falha Maragogipe em São Roque do Paraguaçu, Bacia do Recôncavo – BA.** Tese de Conclusão de Curso (Monografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2009.

WOLELA, A.M.; GIERLOWSKI-KORDESCH, E.H. **Diagenetic history of fluvial and lacustrine sandstones of the Hartford Basin (Triassic–Jurassic), Newark Supergroup, USA.** In: Sedimentary Geology, Pub. Elsevier, 2004. p. 99 – 126.