

MINERALOGIA DOS PELITOS ALBIANOS, PORÇÃO OESTE DA BACIA DE BARREIRINHAS, MA.

Tatiana Maceió Macambira¹ (UFPA), José Augusto Martins Corrêa² (UFPA)

¹Universidade Federal do Pará/Centro de Geociências. Curso de Graduação em Geologia. Campos Universitário do Guamá. Caixa Postal:1611. CEP: 66075-110, e-mail: tm.macambira@yahoo.com.br

²Universidade Federal do Pará/Centro de Geociências/Departamento de Geoquímica e Petrologia. Campos Universitário do Guamá. Caixa Postal:1611. CEP: 66075-110, e-mail: jamc@ufpa.br

RESUMO

A Bacia de Barreirinhas, no norte do Brasil, apresenta uma boa potencialidade para hidrocarbonetos. É caracterizada por uma seqüência sedimentar com cerca de 6 km de espessura, dividida em três grandes grupos: Grupo Canárias, Grupo Caju e Grupo Humberto de Campos. O Grupo Canárias representa uma sedimentação em ambiente deltáico construtivo e progradante, de idade albiana. É composto por cinco formações: Arpoador, Bom Gosto, Tutóia, Barro Duro e Sobradinho cuja deposição iniciou no Aptiano. A conversão de argilas expansivas para ilita é um processo químico importante durante a diagênese. Perry & Hower (1970), Hower et al. (1976); Pearson et al. (1982) e Srodon (1984) mostraram que a ilitização dos argilitos começa em torno de 50°C, geralmente a mais de 1000 m de profundidade. Essa transformação, ocorrida durante a diagênese dos argilitos, é uma importante fonte de elementos químicos, que migram durante o soterramento. Os fluidos ricos em elementos químicos são responsáveis por modificações significativas nos arenitos adjacentes como precipitação e/ou dissolução de cimentos, criação ou destruição de reservatórios de petróleo. O objetivo desse trabalho foi estudar a mineralogia dos argilitos albianos e tentar avaliar se há mudanças significativas com a profundidade.

As 24 amostras utilizadas, cedidas pela PETROBRÁS, são fragmentos de rocha retirados de testemunhos de sondagem em diferentes poços e a diferentes profundidades na porção oeste da bacia de Barreirinhas. Para a análise da composição mineralógica dos pelitos, as amostras foram desagregadas cuidadosamente com o auxílio de um gral de ágata e de um aparelho de ultra-som. As amostras depois de desagregadas foram submetidas à análises por difração de raios-X. A fração inferior a 2 µm foi obtida por centrifugação, segundo Müller (1968). As lâminas de argila orientada foram obtidas por pipetagem sobre lâmina de vidro, levando-se em conta as possíveis desvantagens que este método apresenta (Gibbs, 1968; Stokke & Carson, 1973). Os argilominerais foram identificados segundo Moore & Reynolds Jr. (1989) e Srodon (1984).

As análises por difração de raios-X, mostraram que as rochas da Formação Barro Duro são compostas de argilominerais, quartzo, feldspato (Plagioclásio e K-Feldspato), muscovita, calcita. As análises da fração < 2 µm revelam os seguintes minerais: ilita, caulinita, clorita e interstratificados Ilita/Esmectita e Clorita/Esmectita. A semi-quantificação dos argilominerais, foi realizada utilizando-se o programa WinFit, obtendo-se os seguintes resultados: 1) as proporções de ilita não mostram mudanças entre 1800 a 2600 m, mas aumentam progressivamente a partir de 2600 m; 2) a caulinita na fração < 2 µm muda continuamente com a profundidade, mostrando um decréscimo progressivo a partir de 2600 m; 3) a clorita ocorre em menores proporções, é rica em ferro e não mostra nenhuma tendência; 4) a presença de Clorita/Esmectita foi determinada através dos reflexos d(001) a 31.1 Å e d(004) a 11.3 Å para amostras saturadas em etilenoglicol. É o interstratificado mais abundante e muda seu conteúdo progressivamente com a profundidade. Ocorre em maior abundância em profundidades entre 800 e 2600 m decrescendo continuamente; 5) Illita/Esmectita ocorre em quantidades menores não apresentando mudanças com a profundidade.

Palavra-Chave: Argilominerais, Bacia de Barreirinhas, Albiano.

1. INTRODUÇÃO

O Cretáceo, a nível global, é um período geológico importante devido às transformações ocorridas durante a formação do oceano Atlântico, relacionadas à quebra do Gondwana e devido as suas implicações posteriores. A Bacia de Barreirinhas é, nesse contexto, de particular interesse visto que a sua formação está diretamente ligada à abertura do Atlântico Equatorial durante o Eo-Cretáceo. Esta bacia apresenta vários indícios de óleo e gás, entretanto, a evolução de seus reservatórios ainda é pouco conhecida.

Os folhelhos têm sido frequentemente citados como fonte principal para os minerais autigênicos que ocorrem nos arenitos adjacentes. A transformação, ocorrida durante a diagênese dos argilitos, é uma importante fonte de elementos químicos, que migram durante o soterramento e os fluidos ricos nestes elementos são responsáveis por modificações significativas como precipitação e/ou dissolução de cimentos, criação ou destruição de reservatórios de petróleo.

O propósito dessa pesquisa foi estudar a mineralogia dos argilitos albianos e tentar avaliar se há mudanças significativas com a profundidade nos argilitos do Grupo Canárias.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Aspectos litoestratigráficos:

A Bacia Cretácea de Barreirinhas está localizada na Margem Atlântica Equatorial Brasileira na região norte do Brasil, entre as cidades de São Luiz (MA) e Parnaíba (PI) (Corrêa, 1986) (Figura 1).

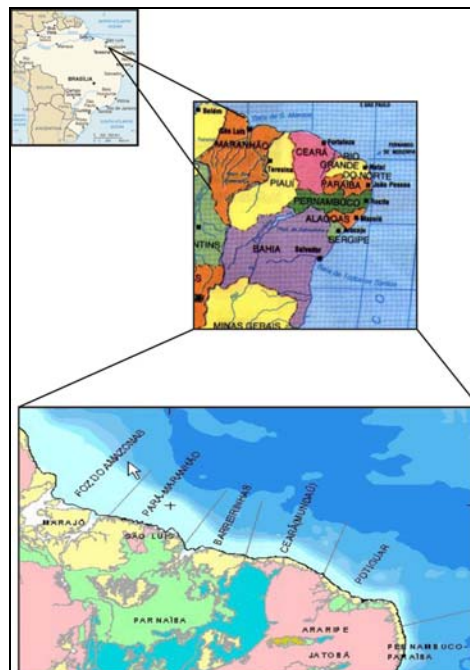


Figura 1: Localização da Bacia de Barreirinhas.

A nomenclatura estratigráfica adotada neste trabalho é a proposta por Figueiredo et al. (1982). Nesta coluna são apresentados os três grandes grupos de rochas sedimentares que constituem o preenchimento da Bacia de Barreirinhas, os quais em geral são separados por discordâncias (Figura 2).

Na base da seqüência encontra-se o Grupo Canárias que compreende as formações Arpoador, Bom Gosto, Tutóia, Barro Duro e Sobradinho. A Formação Arpoador, de idade albiana, é constituída essencialmente por folhelhos cinza-escuros a pretos e, subordinadamente, por arenitos creme-escuros a cinza-esverdeados, os quais foram depositados em águas profundas (talude-bacial). A Formação Bom Gosto é predominantemente arenosa,

contendo intercalações de folhelhos dispostos em camadas relativamente espessas e raros conglomerados, sugerindo deposição por meio de correntes de turbidez (leques turbidíticos). A Formação Tutóia é constituída de folhelhos escuros, contendo raramente corpos lenticulares de areia dispersos, sua deposição é pró-deltaica. A Formação Barro Duro apresenta arenitos finos a médios com intercalações de folhelhos e siltitos, estes sedimentos são desde flúvio-deltaicos, prodeltaicos e possivelmente de talude. A Formação Sobradinho, é formada por arenitos grosseiros a conglomeráticos apresentando características típicas de sedimentação fluvial.

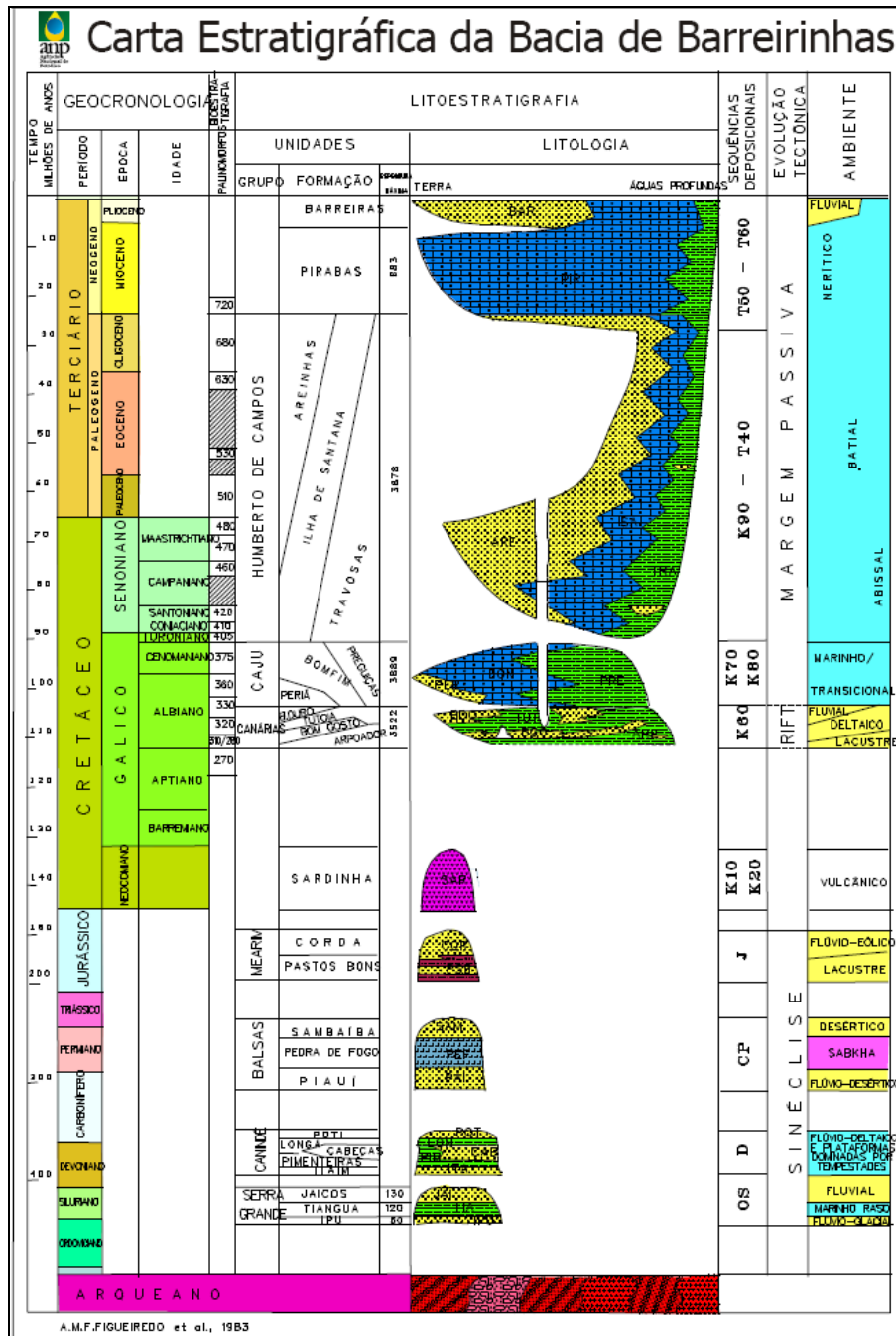


Figura 2: Coluna estratigrafia da bacia de barreirinhas (segundo Figueiredo et al., 1983).

Acima do Grupo Canárias está o Grupo Caju com idade albiana à cenomaniana, sua deposição ocorreu através de três ciclos repetitivos que constituem as formações: Bonfim, composta por carbonatos maciços de alta e baixa energia, acumulados em ambiente de plataforma carbonática; Preguiças, caracterizada por carbonatos

contendo intercalações de folhelhos e margas correspondentes à sedimentação em plataforma terrígeno-carbonática, talude e bacia carbonática; e Formação Peria que compreende folhelhos e arenitos depositados em ambiente flúvio-deltáico/prodeltáico.

No Turoniano, após a deposição do Grupo Caju, teve início a deposição do Grupo Humberto de Campos, composto pelas formações Areinhas, Ilha de Santana e Travosas. Na Formação Areinhas predominam sedimentos arenosos e folhelhos, que se depositaram através de leques deltáicos, porém as formações Ilha de Santana e Travosas são representadas por carbonatos plataformais e espesso pacote de folhelhos de talude e bacial, respectivamente.

Evolução Tectono-sedimentar

A Bacia de Barreirinhas corresponde a um *graben* alongado de direção aproximada E-W, é composta por um segmento terrestre e outro submerso, separados pelo Alto Queimadas-Arpoador. Está delimitada por falhas normais contemporâneas à sedimentação (De Boer, 1965). Esta bacia tem sua formação relacionada a abertura do Atlântico Equatorial, ocorrida durante a separação dos continentes sul americano e africano (Azevedo et al. 1985).

Ao sul, separa-se da Bacia Paleozóica de Parnaíba através do Arco Ferrer-Urbano Santos, enquanto que a oeste individualiza-se da Bacia de São Luís por meio da Plataforma de Ilha de Santana, no limite leste distingue-se o Alto Atlântico e a Plataforma de Parnaíba.

Azevedo et al. (1985), interpretam a Bacia de Barreirinhas como sendo do tipo *Pull-Apart*, tendo a sua evolução ocorrido em três fases:

- Fase *Pre-Shear*: ocorreu durante o Aptiano, com predominância de tectônica compressiva causada pelo rifteamento do Atlântico Sul que produziu compressão na porção equatorial durante o Neocomiano e Barremiano, houve ainda a erosão das rochas juro-cretácicas e paleozóicas remanescentes da Bacia do Parnaíba.

- Fase *Pull-Apart*: durante o Aptiano, a margem equatorial brasileira caracterizava-se como uma zona fortemente cisalhante, gerando a abertura de um sistema de bacias *pull-apart* ao longo de toda a margem equatorial. O movimento divergente das placas foi acompanhado por intensa transcorrência, onde inicialmente predominaram esforços transtensivos resultando na formação da Bacia de Barreirinhas. Neste período, desenvolveu-se na bacia uma espessa seqüência de sedimentação sintectônica, de águas profundas, acompanhada por intercalações periódicas de leques turbidíticos. Finalizando o ciclo tem-se a implantação de um sistema flúvio-deltáico. Um registro desta fase é o Grupo Canárias. As bacias do tipo *pull-apart* são caracterizadas por apresentarem grandes espessuras no pacote sedimentar em relação ao tamanho da bacia, elevadas taxas de sedimentação, padrões faciográficos assimétricos, organização dos fácies em fanglomerados nas bordas falhadas e planície de inundação, o preenchimento da bacia foi predominantemente no sentido longitudinal e a presença de ciclos texturais refletem atividades tectônicas.

- Fase "Drift": se estendeu do Albo-Cenomaniano até o Terciário. Neste período houve efetiva deriva continental e a Bacia de Barreirinhas evoluiu para a fase *drift*, com a abertura do Oceano Atlântico mediante transcorrência divergente. A deriva das placas gerou na bacia uma grande transgressão marinha registrada pelos grupos Caju e Humberto de Campos. Embora os movimentos desta fase tenham sido predominantemente do tipo distensivo, onde ocorre um basculamento térmico e flexural, segundo o modelo proposto por Sztamari et al. (1987). Do Coniaciano ao Eoterciário ocorreram repetidos pulsos de compressão norte-sul, resultantes da colisão da África com a Europa Meridional.

Desde esse período tem-se observado uma relativa estabilidade tectônica com baixa taxa de subsidência das bacias costeiras equatoriais, caracterizando-se como uma fase marinha nitidamente transgressiva.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram cedidas 32 amostras de furos de sondagem realizados na bacia de Barreirinhas, dentre os quais foram selecionadas 24 amostras, com base em suas respectivas profundidades. Inicialmente as amostras foram cuidadosamente desagregadas com o auxílio de um gral de ágata e com o uso do aparelho de ultrassom. A fração inferior a 2 µm foi obtida por centrifugação a 1000 RPM durante dois minutos (Muller, 1968). Para a confecção das lâminas de argila orientada utilizou-se a técnica da pipetagem sobre lâmina de vidro, levando-se em conta as possíveis desvantagens que este método apresenta (Gibbs, 1968; Stokke & Carson, 1973) As análises mineralógicas qualitativa e semi-quantitativas foram feitas seguindo a metodologia proposta por Moore & Reynolds Jr. (1989) e Weir et al. (1975) a partir de lâminas de argila orientadas. As análises por difração de raios-x foram realizadas no Laboratório de Raios-X do Centro de Geociências de Universidade Federal do Pará. Com o uso de um difratômetro, marca Philips, modelo PW 1040/80, com monocromador de grafite, obteve-se a composição mineralógica para amostra total destas rochas, através dos difratogramas obtidos, interpretados no

software X-PERT. A semi-quantificação dos argilominerais, foi realizada utilizando-se o programa WinFit elaborado por S. Krumm da Universidade Erlangen-Nürnberg.

A determinação do número total de átomos de ferro nos minerais cloríticos foi realizada por comparação entre os difratogramas da amostras estudadas e aqueles apresentados por Moore & Reynolds Jr (1989). A estimativa do conteúdo de illita no interestratificado illita/esmectita foi realizada utilizando-se os métodos descritos por Srodon (1980).

Os difratogramas obtidos foram interpretados manualmente com o auxílio da tabela de Picos para difração de Raios-X dos minerais de rochas sedimentares (JCPDS, 1974).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As rochas pelíticas da Formação Barro Duro apresentam similaridades em sua mineralogia. São compostas predominantemente por argilominerais, quartzo, feldspato (plagioclásio e K-feldspato), muscovita e calcita. Corrêa (1994) realizou análises por MEV em feldspatos de argilitos desta mesma seqüência sedimentar, e observou que os grãos de feldspato exibem localmente feições de corrosão nas superfícies das faces. Mostrou ainda que há uma diminuição no conteúdo de K-feldspato e um aumento no conteúdo de quartzo com a profundidade.

As interpretações dos difratogramas de raios-x da fração < 2 µm revelaram, sobretudo, a presença de illita, caulinita, clorita e os interestratificados I/S e Cl/S. A tabela 1 mostra o conteúdo relativo desses argilominerais na fração dos pelitos analisados.

Tabela 1: Variação semi-quantitativa dos argilominerais de acordo com a profundidade. Valores normalizados segundo o método proposto por Weir et al. (1975).

Profundidade (m)	Clorita/Esmectita	Clorita	Illita	Illita/Esmectita	Caulinita	Total (%)
1.784,30	15	10	41	7	27	100
1.908,60	18	14	35	7	26	100
2.201,30	27	11	46	4	12	100
2.420,30	12	10	43	6,5	28,5	100
2.560,90	10	10	41	7	32	100
2.660,10	5	9	36	5	45	100
2.769,40	13	10	41	5	31	100
2.862,10	2,5	10	46,5	5,5	35,5	100
2.917,40	6	8	54	8	24	100
3.010,80	9	9	53	5	24	100
3.169,70	12	9	53	6	20	100

A illita da Formação Barro Duro é o argilomineral mais abundante e apresenta alto conteúdo de Al, (intensidade do reflexo basal (002) é maior do que a intensidade do reflexo (001)/4, Moore & Reynolds Jr, 1989). A sua proporção relativa não apresenta mudança no intervalo de 1800 a 2600 m, mas aumenta progressivamente com a profundidade a partir e 2600 m.

A caulinita é o segundo argilomineral mais abundante e seu conteúdo na fração < 2 µm muda com a profundidade da seguinte forma: a) entre 1800 e 2600 m há aumento de seu conteúdo relativo; b) a partir de 2600 m esse conteúdo é reduzido progressivamente com a profundidade.

A clorita apresenta-se subordinadamente mostrando maior conteúdo de Fe e não apresentou mudanças significativas na sua quantidade relativa com a profundidade.

A clorita/esmectita é o interestratificado mais abundante, foi determinada a partir da presença da superestrutura d(001) de 31,1 Å e d(004) de 11,3 Å em amostras saturadas com etileno-glicol. Seu conteúdo nos argilitos estudados muda progressivamente com a profundidade, observando-se uma maior concentração na parte mais rasa da seção (1800 a 2600 m) e em seguida decresce continuamente.

A illita/esmectita ocorre de maneira menos significativa na fração < 2 µm dos pelitos e contém cerca de 70 a 80% de camadas ilíticas não mostrando mudanças com o aumento da profundidade.

Com base na Figura 3 pode-se concluir que:

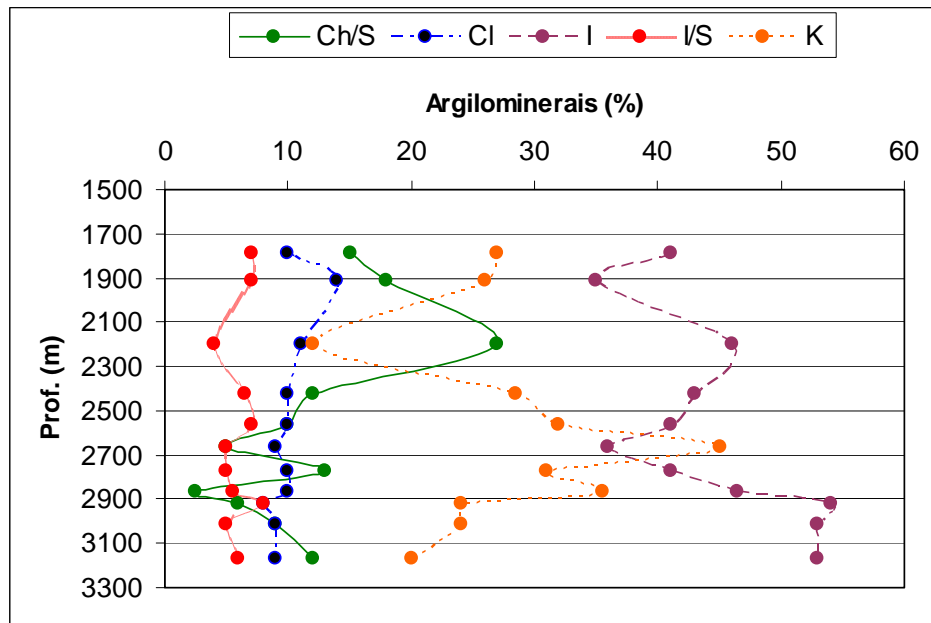


Figura 3: Diagrama mostrando a variação percentual dos argilominerais na fração < 2µm com a profundidade.

- 1) O conteúdo de illita aumenta a partir de 2700 m. Este ponto coincide com o início da desestabilização da caulinita e mínima representatividade de k-feldspato o que sugere origem autigênica para illita como produto da ilitização da caulinita e/ou do k-feldspato.
- 2) Observou-se um aumento no conteúdo de caulinita a partir de 2200 até 2600 m, o qual sofreu posterior redução com a profundidade. Neste intervalo de profundidade o k-feldspato mostra contínua redução o que sugere que o k-feldspato foi submetido a dissolução e substituição pela caulinita.
- 3) A presença do interestratificado illita/esmectita indica que a esmectita original foi totalmente transformada durante diagênese.
- 4) Clorita/esmectita é um filossilicato relativamente comum sob uma variedade de condições. Sua origem está relacionada provavelmente com a esmectita original que foi formada sob condições evaporíticas. Visto que durante o Brasileiro climas quentes dominaram e particularmente no Aptiano inferior, onde este clima era típico, quando foram formadas as seqüências evaporíticas nas bacias litorais e orientais.
- 5) O conteúdo de quartzo aumenta sua quantidade a baixo de 2400 m o que coincide com a diminuição do conteúdo de caulinita, clorita/esmectita e K-feldspato. Supõe-se que a sílica pode ser liberada durante estas transformações mineralógicas e recristalizar particularmente o quartzo dos argilitos.

6. AGRADECIMENTOS

A ANP e PRH-06 pela concessão da bolsa.

7. REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, R. P. de; ROSSETTI, E. L.; NEPOMUCENO FILHO, F.; CAPUTO, M. V. Modelamento Tectônico, origem e evolução da Bacia de Barreirinhas. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 1985-2, Belém, **SBG-Núcleo Norte**, v.1, p.208-221.
- CORRÊA, J. A. M. **Aspectos diagenéticos dos arenitos Bom Gosto - Área Leste da Bacia de Barreirinhas (MA)**. 1986 110p. (Dissert. Mestr.). Centro de Geociências, UFPA, Belém.

- CORRÊA, J.A.M. 1994 **Über die diagenese der Barro Duro –Formation im Espigão-Feld des Barreirinhas-Beckens – Nordbrasilien**. 1994. 132 p (Tese de Doutorado). Instituto de Mineralogia, Universidade Erlangen-Nürnberg, Alemanha.
- DE BOER, M. P. **Relatório sobre a estratigrafia e estrutura regional da Bacia de Barreirinhas**. Belém, DEXPRO, RENOR. 33p., 1965.
- FIGUEIREDO, A. M. F.; TEIXEIRA, L.; AMORIM, J.; CARMINATTI, M. **Projeto Barreirinhas, reavaliação da Bacia Cretácea. Área terrestre e marítima**. Relatório Interno. PETROBRÁS, DEPEX, 1982, 58p.
- GIBBS, R. J. Clay mineral mounting techniques for X-ray diffraction analysis: A discussion. **Jour. Sed. Petrol.** 38:242-244, 1968.
- HOWER, J.; ESLIGER, E. V.; HOWER, M. E; PERRY, C. A. Mechanism of burial-metamorphism of argillaceous sediments: Mineralogical and chemical evidence. **Geol. Soc. Amer. Bull.** Boulder, 87:725-737, 1976.
- MOORE, J. M. & REYNOLDS Jr, R. C. **X-ray Diffraction and the identification and analysis of clay minerals**. Oxford University Press, 1989. 230p.
- MULLER, G. **Methods in Sedimentary Petrology**. Stuttgart, Schweizebbart, 1968, 263p.
- PERRY, E. A.; HOWER, J. Burial diagenesis in Gulf Coast pelitic sediments. **Clays and Clay Minerals**, 1970, 18 (3): 165-177.
- SRODON, J. Precise identification of illite/smectite interstratifications by x-ray powder diffraction. **Clays and Clay Minerals**, Tulsa, 28:401-411, 1980.
- SRODON, J. & EBERL, D. D. Illite. In: Bailey (Hrsg.). **Reviews in Mineralogy. Micas. Mineralogical Society of America**. Michigan, Chelsea, 13:495-544, 1984.
- STOKKE, R.; CARSON, B. Variation in clay mineral X-ray diffraction results with the quantity of sample mounted. **Jour.Sed.Petrology**. 43(4):957-965, 1973.
- SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J. B. L.; ZANOTTO, O.; WOLFF, S. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, 17(2):180-188, 1987.
- WEIR, A. H.; ORMEROD, E. C.; EL MANSEY, I. M. I. Clay mineralogy of sediments of the western Nile Delta. **Clay Minerals**. London, (10):369-386, 1975.

MINERALOGIA DOS PELITOS ALBIANOS, PORÇÃO OESTE DA BACIA DE BARREIRINHAS, MA.

Abstract

Shales have been often cited as the source of authigenic material that occurs in sandstones. The diagenesis of Barro Duro mudrocks was investigated by determining the chemistry of the major elements, clay mineral compositions and mineral modes using standart analytical techniques. Changes in the mineralogy are observed and are attributed to diagenesis despite relative constant bulk compositions. These include authigenic quartz, Ch/S and I/S formation, k-feldspat dissolution and/or replacement by kaolinite and later illite. Following diagenetic trends were observed: Ch/S mixed-layer, k-feldspat and kaolinite shown a decrease and illite show an increase with increasing depth. Diagenetic changes in mineral modes for mudrocks of Barro Duro formation suggest that diagenesis proceeds under relatively "closed system" which open during the progressive burial (dewatering). The continuous decreasing in Ch/S amounts and the invariable chlorite contents suggest that Fe and Mg probably migrate from mudrocks to sandstones. On the other hand the decreasing in k-feldspat and kaolinite with increasing depth corroborate by the good correlation between Al and Ti suggest that Al was also partially exported.

Keywords: Clay minerals, Barreirinhas Basin, Albian

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.