

FÁCIES SEDIMENTARES DAS ROCHAS AFLORANTES NO NORTE DO ESTADO ESPÍRITO SANTO, PORÇÃO ONSHORE DA BACIA SEDIMENTAR DO ESPÍRITO SANTO

SEDIMENTARY FACIES OF THE OUTCROP ROCKS FROM THE NORTH OF THE ESPÍRITO SANTO STATE, ONSHORE PORTION OF THE ESPÍRITO SANTO SEDIMENTARY BASIN

Jefferson Lima Fernandes ANDRÉ¹; Luiza Alves GARCIA¹; Lucas Dias SANTIAGO¹; Aurélio Fagundes SILVA²

¹Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Departamento de Ciências Naturais, Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Litorâneo, São Mateus, ES, Brasil. E-mail: jeffersonlfandre@hotmail.com; luizaalvesgarcia@gmail.com; lucasdiassantiago91@gmail.com

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Faculdade de Geologia, Programa de Pós-graduação em Geociências, R. São Francisco Xavier, 524 - Sala 4006-A - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, Brasil. E-mail: aureliofagundes@hotmail.com

Introdução
Contexto geológico
Metodologia
Geologia local e petrografia
Discussão
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - No presente estudo pretende-se contribuir sobre a compreensão geológica da porção *onshore* Bacia Sedimentar do Espírito Santo, onde há poucos estudos publicados. Identificaram-se fácies sedimentares de maior ocorrência como fácies rudáceas, areníticas e lamíticas, com cores branca a cinza claro, formando depósitos tabulares com gradação normal e intercamadas. Estratificações acanaladas incipientes foram observadas, assim como feições de acreção lateral, escavação e preenchimento de canais. As fácies areníticas e rudáceas são mal selecionadas, matriz-suportadas, constituídas principalmente de quartzo, feldspato (alguns bem preservados) e argilominerais diagenéticos e, também fragmentos do embasamento, rochas sedimentares e uma possível contribuição de material vulcanosedimentar. Os lamitos são pouco espessos, tabulares e raramente bioturbados. Além dessas fácies, foi identificado um espesso depósito conglomerático de matriz areno-argilosa, possivelmente decorrente de um fluxo de alta densidade, já que contém blocos dispersos de argilito na porção basal e, mais ao topo, seixos orientados e estratificação plano-paralela, indicando corrente unidirecional de alta velocidade. Faz contato erosivo na base com um arenito fino e bem selecionado, que está depositado próximo ao embasamento. Considerando as formas de ocorrência, estruturas e características faciológicas, sugere-se a evolução em ambiente fluvial entrelaçado, em condição de aporte/nível de base que permitiu a deposição próximo à área fonte.

Palavras chaves: Fácies sedimentares. Porção *onshore* da Bacia Sedimentar do Espírito Santo. Formação Rio Doce. Formação Barreiras.

ABSTRACT - In the present study, the aim is to contribute to the geological understanding of the onshore portion of the Espírito Santo Basin. The most common sedimentary facies were identified, such as rudaceous, arenitic, and lamitic facies, with colors ranging from white to light gray, forming tabular deposits with normal grading and interbedded layers. Incipient cross stratifications and lateral accretion, channel excavation, and filling features were observed. The arenitic and rudaceous facies are poorly sorted, matrix-supported, and consist mainly of quartz, feldspar (some well-preserved), diagenetic clay minerals, and fragments from the basement, sedimentary rocks, and possibly some contribution of volcanosedimentary material. The lamites are thin, tabular, and rarely bioturbated. Different of these facies, a thick conglomerate deposit with a sandy-clay matrix was identified, possibly resulting from a high-density flow, as it contains dispersed claystone blocks in the basal portion and upward, oriented pebbles and planar-parallel stratification, indicating a high-velocity unidirectional current. It has an erosive contact at the base with a fine and well-sorted sandstone deposited near the basement. Considering the occurrence forms, structures, and facies characteristics, an evolution in a braided fluvial environment is suggested, in a condition of sediment supply/base level that allowed continental deposition.

Keywords: Sedimentary facies. Onshore portion of the Espírito Santo Sedimentary Basin. Rio Doce Formation. Barreiras Formation.

INTRODUÇÃO

A região norte e nordeste do Espírito Santo está inserida na porção *onshore* da Bacia Sedimentar do Espírito Santo onde, segundo o mapa geológico desenvolvido pela CPRM (Vieira & Menezes (2015) na figura 1, aflora principalmente o Grupo Barreiras e, em algumas janelas de erosão, como aquelas situadas

próximas ao rio São Mateus e na cidade de Pedro Canário (ES), a Formação Rio Doce de Asmus et al. (1971).

Essa região foi alvo de alguns estudos que discutem a evolução sedimentar e o posicionamento estratigráfico da Formação Rio Doce e Formação Barreiras (Morais, 2007; Vieira &

Menezes, 2015; Oliveira, 2016), que representam a parte continental do Eoceno e Plioceno, respectivamente (França et al., 2007).

Ainda nessa região alguns estudos apontam

para evidências de um magmatismo piroclástico, o que também contribui com as discussões sobre o posicionamento estratigráfico (Motoki et al., 2007; Novais et al., 2008).

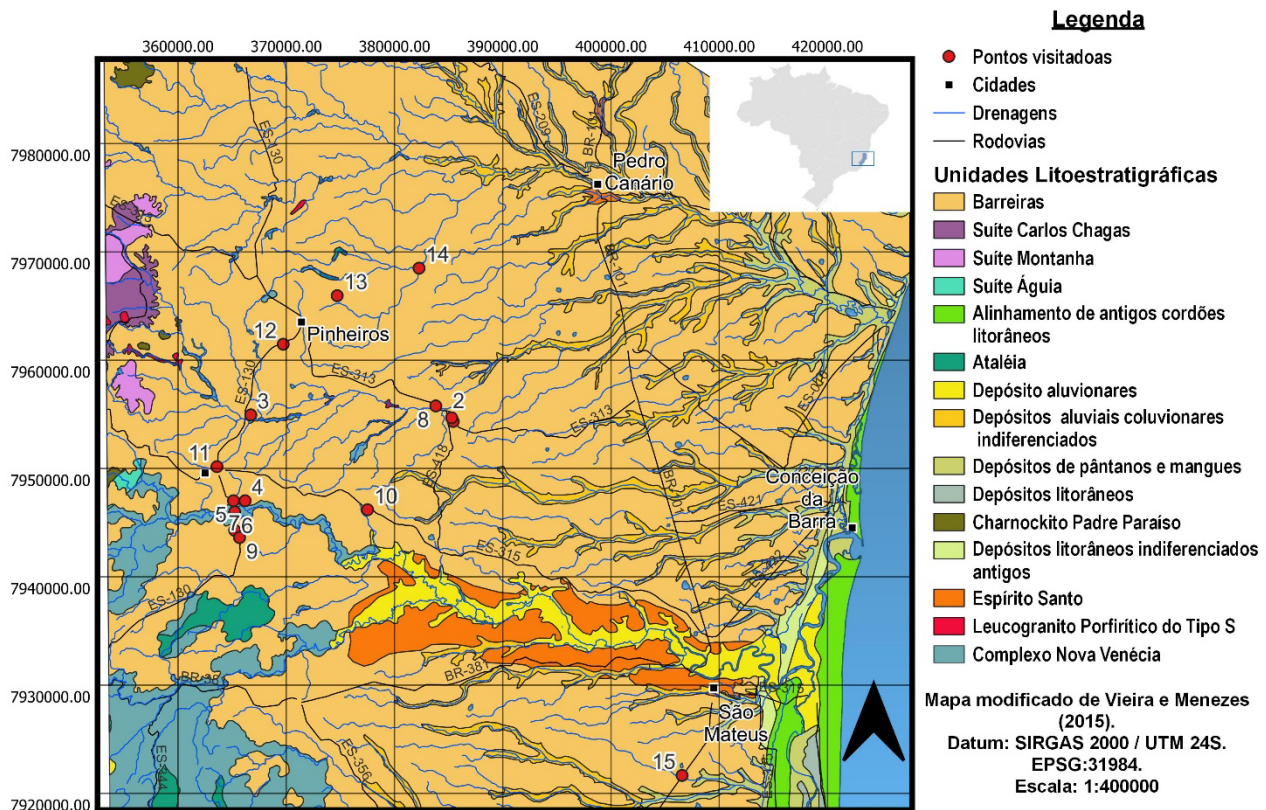


Figura 1 – Mapa geológico da porção *onshore* da Bacia do Espírito com pontos visitados. Fonte: modificado de Vieira & Menezes (2015).

Para Oliveira (2016), a principal ou única unidade litoestratigráfica cenozoica entre o norte do Espírito Santo e o sul da Bahia, seria a Formação Rio Doce. Moraes (2007) também aponta a ocorrência da Formação Rio Doce em algumas cidades do norte, como em Aracruz, Nova Venécia, Pedro Canário, entre outras. Segundo a autora, a associação de fácies da Formação Rio Doce apresenta um grau maior de diagênese e é mais rica em feldspato, diferente de outras fácies que são mais friáveis e com mosqueamento mais intenso de óxido de ferro, típicos da Formação Barreiras. A autora interpretou que em algumas localidades no norte do estado, a Formação Barreiras sobrepõe a Formação Rio Doce, como em Pedro Canário. Essa sobreposição também é apontada por Vieira & Menezes (2015), sendo responsável pela maior representação da Formação Barreiras no mapa geológico do estado. Importante ressaltar que Vieira & Menezes (2015) não tratam essa unidade como Formação, mas sim, como Grupo Barreira, unidade hierarquicamente superior. Assim como também usam Grupo Espírito Santo, que inclui a Formação Rio

Doce.

Para Oliveira et al. (2018) a maior ocorrência da Formação Barreiras em mapa deve-se ao fato que a classificação litológica antigamente se baseava em características litológicas, onde se designavam como Formação Barreiras todos os depósitos costeiros de cores variegadas e a Formação Rio Doce como os depósitos litologicamente similares, porém amostrados em poços.

Apesar dessa discussão ser de grande importância para região e elucidar muitas questões, é importante frisar que o artigo não tem como foco principal discutir o posicionamento cronoestratigráfico dessas unidades, o que necessitaria também de dados de poços e sísmicos para contribuir com as interpretações. Já o atual estudo tenta explicar a evolução geológica da bacia em localidades menos estudadas (Figura 1), mais no interior da região e, se possível, correlacionar com as formações citadas, pois os trabalhos acima mencionados abordaram principalmente porções mais a leste da região.

Nos cortes de estrada ao longo das rodovias do interior do norte do estado, nota-se claramente

um grande manto de alteração de cor laranja a avermelhada, mostrando que parte das evidências geológicas sobre a história evolutiva foi perdida. Porém, numa observação mais criteriosa, nota-se claramente em diversas localidades, a ocorrência

de litofácies e suas relações que revelam evidências do processo de sedimentação, objetos de caracterização nesse estudo, com o intuito de colaborar com o entendimento da evolução geológica recente regional.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia Sedimentar do Espírito Santo está inserida no contexto dos sistemas de riftes da margem continental brasileira, formados a partir da fragmentação do supercontinente Gondwana, aproximadamente entre Neojurássico ao Eocretáceo (Asmus & Porto, 1980; França et al., 2007).

A primeira caracterização sobre a estratigrafia da bacia foi apresentada em Asmus et al. (1971), onde os autores produziram a primeira carta estratigráfica.

Desde então, houve outros trabalhos sobre o tema, mas a última atualização da carta é encontrada em França et al. (2007) na figura 2, reconhecendo na bacia os sedimentos associados às fases evolutivas.

No entanto, há alguns estudos que discutem a evolução sedimentar cenozoica das rochas aflorantes da porção *onshore*, tratando das unidades Formação Rio Doce e Formação Barreiras (Morais, 2007; Vieira & Menezes, 2015; Oliveira, 2016).

A Formação Rio Doce foi caracterizada pioneiramente em subsuperfície por Asmus et al. (1971) pela análise de poços fornecidos pela Petrobras, onde os autores apontam informalmente, três membros. (i) Membro Piraúna, formado por intercalações de folhelhos cinza escuros e negros e, por arenitos grossos a muito finos, cinza claro a escuros, ocasionalmente intercalados por calcário. Os arenitos possuem grãos de quartzo, feldspato, mica e pirita; (ii) Membro Pirapitanga, constituído por arenitos com intercalações de folhelhos e calcários, sendo os folhelhos cinza escuro a pretos mosqueados e os calcários coesos, de cor creme a escuros, sendo os arenitos médios e raramente grossos, contendo grãos de quartzo, feldspato e granada; e (iii) Membro Piranha, formado por arenitos muito grossos, esbranquiçados e acinzentados, quartzosos, feldspáticos e com granada vermelha, que se intercalam a calcários.

Segundo Moraes (2007) e Vieira & Menezes (2015), em superfície, a unidade foi descrita nas margens do Rio São Mateus por Piazza & Araujo (1972), que descreveram um arenito branco, conglomerático, mal selecionado, contendo

quartzo hialino e fumê, bolas de argila e grãos de turmalina negra, maciço ou com estratificação incipiente.

De acordo com França et al. (2007), os depósitos da Formação Rio Doce ocorrem desde a área emersa até a região submersa, sendo, no entanto, registrados normalmente em subsuperfície nas sequências E40-E50, E60-E70, E80-N10, N20-N30 e N40 por eles descritas.

Segundo Moraes (2007), que reconheceu a Formação Rio Doce ao longo da BR 101, principalmente em Pedro Canário, a unidade seria formada por uma associação de fácies de ortoconglomerados (associação de fácies I), ora maciços, ora com estratificação acanalada, arenitos médios a grossos, também às vezes maciços ou com estratificação acanalada, e lamitos intercalados, arenosos e maciços.

Todas as rochas são esbranquiçadas a acinzentadas, sendo comum a ocorrência de mosqueamentos de óxidos de ferro. Grãos de quartzo e feldspato (normalmente alterado) seriam os constituintes mais notados. A autora considera que a Formação Rio Doce foi depositada em ambiente fluvial entrelaçado.

Morais (2007) define também três associações de fácies representativas da Formação Barreiras: II, III e IV. São constituídas por fácies arenosas e conglomeráticas mal selecionadas e lutitos, depositados em ambiente fluvial entrelaçado (associação II e IV) ou com participação de fluxos gravitacionais (associação III). Apenas a associação II foi observada sobreposta à associação I - Formação Rio Doce.

A diferença estaria na litificação da Formação Rio Doce, devida a transformações diagenéticas mais avançadas e no maior conteúdo de feldspato, enquanto a Formação Barreiras seria mais friável e com oxidação mais intensa.

A relação de sobreposição também foi apontada por Vieira & Menezes (2015), a qual seria a razão da maior representatividade da Formação Barreiras no mapa geológico da região (Figura 1). Todavia, eles relatam que não foi observada nenhuma superfície nítida de truncamento.

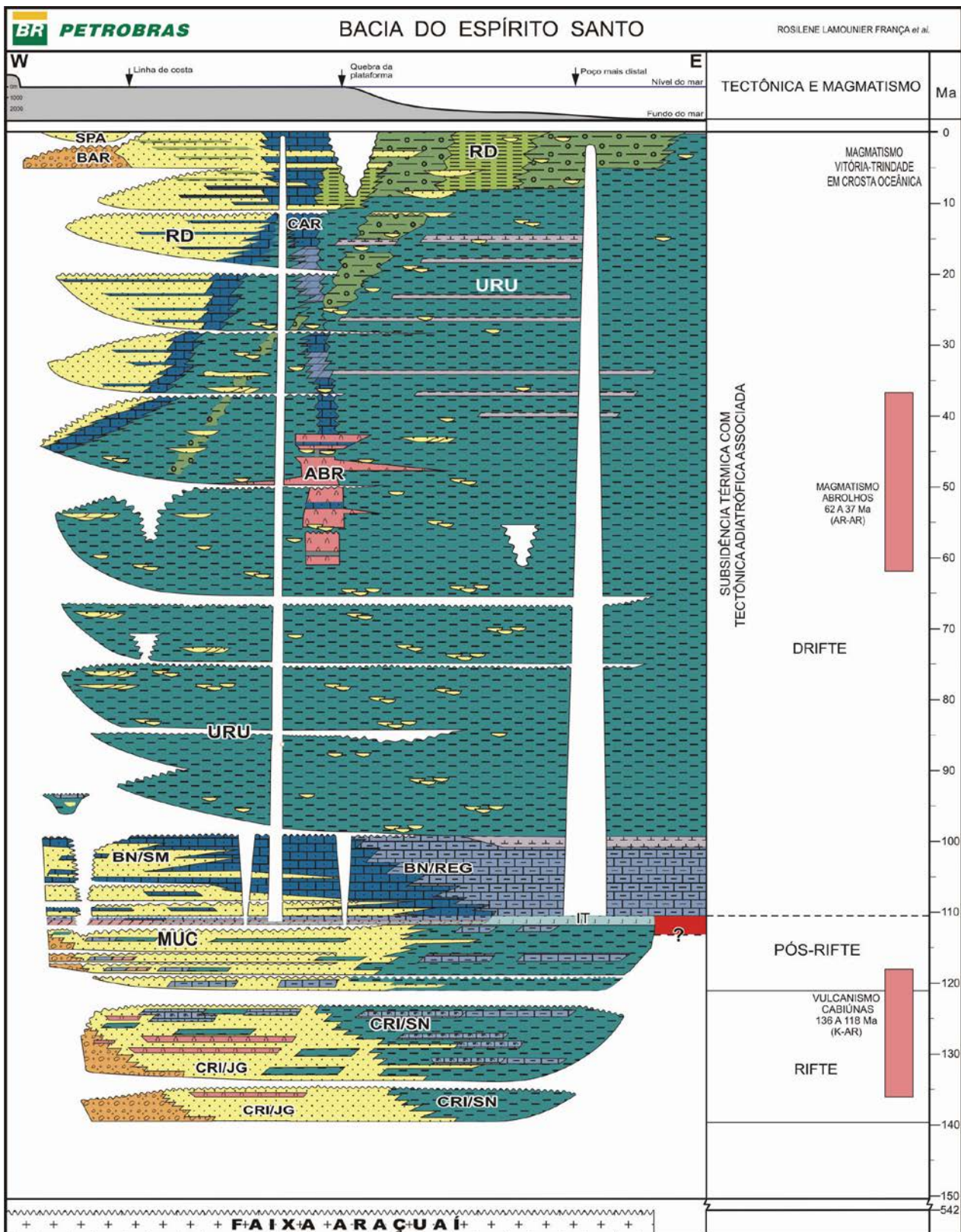


Figura 2 - Carta estratigráfica da Bacia do Espírito Santo. Legenda das unidades de interesse: RD – Formação Rio Doce e BAR – Formação Barreiras (Fonte: França et al., 2007).

Na região norte do estado do Espírito Santo, descrevem a Formação Barreiras como arenitos semi-consolidados, imaturos, brancos, amarelados, avermelhados, argilosos e quartzosos, sendo comum encontrarem feições de oxidação. Para a Formação Rio Doce, os autores citam as descrições de Asmus et al. (1971) e Piazza & Araujo

(1972), e apontam que se trata de um arenito mais esbranquiçado, feldspático e altamente caulini-zado. No trabalho de mapeamento, indicam apenas três localidades (nas cidades de São Mateus e Pedro Canário) onde o Grupo Espírito Santo aflora entre o Grupo Barreiras, que estaria representado pela Formação Rio Doce e por

vulcânicas ignimbríticas da Formação Abrolhos.

Oliveira (2016), todavia, aponta que a única unidade aflorante na região poderia ser a Formação Rio Doce, depositada em um paleoambiente flúvio-deltaico. O autor reconhece através de estudo sísmico, de campo e dados de poço, a influência da tectônica na estruturação da paisagem e na sedimentação. Correlacionando esses dados, interpreta que tal influência tectônica teria afetado a sedimentação dos depósitos do norte do Espírito Santo e do sul da Bahia, soerguendo blocos da Formação Rio Doce através de falhas normais e, por isso, muitos depósitos mapeados como Formação Barreiras poderiam ser, na verdade, blocos altos da Formação Rio Doce. Oliveira (2016) também reconhece a existência de uma rocha piroclástica, decorrente de magmatismo ácido na região do Rio São Mateus, como apontam os estudos de Novais et al. (2008). Mas Oliveira (2016) interpreta a partir de dados geoquímicos e sedimentológicos, que esse material piroclástico serviu, assim como rochas do embasamento, como fonte de sedimentos da Formação Rio Doce em regiões distais do centro vulcânico (segundo o modelo de Motoki et al. 2007). A Formação Rio Doce ocorreria acima da discordância Pré-Neoceno (de caráter regional, segundo França et al., 2007) que afetou essas rochas ignimbríticas.

No entanto, Novais et al. (2008) colocam o magmatismo piroclástico próximo ao início da deposição da Formação Rio Doce. Segundo os autores, esse magmatismo teria alcançado a superfície através de zonas de cisalhamento reativadas na fase rifte, intrudindo o embasamento até a Formação Rio Doce, que teria sido depositada em ambiente de leque aluvial e fluvial entrelaçado (porção proximal), às vezes associado a pequenos sistemas lacustre rasos, produzindo em contato com águas rasas, erupções freatomagmáticas e gerando fragmentos angulares de cristais (principalmente de quartzo) nos depósitos

da região. Próximo ao Rio São Mateus encontram-se essas rochas vulcânicas, como riolitos, que ocorrem intercalados aos arenitos da Formação Rio Doce (Motoki et al., 2007). Esse vulcanismo estaria relacionado a Formação Abrolhos, datada aproximadamente a 50 Ma (Mizusaki et al., 1994).

Talvez toda essa questão sobre a maior representação da Formação Barreiras em mapa deva ser, como apontado por Oliveira et al. (2018) e já comentado, relacionada ao fato que a classificação litológica antigamente se baseava em cunho descritivo, onde designavam-se como Formação Barreiras todos os depósitos costeiros de cores variegadas registrados na parte emersa e a Formação Rio Doce os depósitos litologicamente similares, porém amostrados em poços.

A posição estratigráfica dessas unidades parece não ter consenso, pois em Vieira & Menezes (2015 - mapa), o Grupo Espírito Santo (onde estão as formações Rio Doce e Abrolhos) é posicionado entre Paleoceno e o Eoceno, e a Formação Barreiras do Oligoceno ao Mioceno, diferente da carta estratigráfica encontrada em França et al. (2007), que posiciona a Formação Rio Doce pouco abaixo da discordância Pré-Neoceno e indo até o Plioceno, enquanto a Formação Barreiras está no Plioceno. Asmus et al. (1971), através de registros fósseis obtidos em poços, situam a Formação Rio Doce do Paleoceno ao Eomioceno, mas aceitam que seus estratos superiores, estéreis em fósseis, estendam-se até o Plioceno. Para Formação Barreiras, de modo geral, já foram admitidas idades abrangendo desde o final Cretáceo até o início do Quaternário (Matoso & Robertson, 1959). Bezerra et al. (2006), baseados em interpretações geomorfológicas e paleoclimáticas, colocam a Formação Barreiras no intervalo de tempo entre o Mioceno e o Plioceno-Pleistoceno. Já Arai (2006) e Sanabria et al. (2015) assumem uma idade miocênica.

METODOLOGIA

Foram realizadas incursões ao campo para seleção de afloramentos mais representativos na área de ocorrência. Selecionou-se afloramentos bem expostos, como os localizados em cortes de estradas ou em exposições naturais, que favorecessem a observação dos depósitos em questão.

A caracterização faciológica dos depósitos levou em consideração a granulometria e as

estruturas.

A geometria das camadas foi considerada na tentativa de interpretar os processos responsáveis pela sedimentação. A cor dos sedimentos foi considerada de maneira restrita, devido ao elevado grau de ferruginização dos depósitos. Medidas de paleocorrentes foram obtidas, quando possível, a partir da análise de estratificações cruzadas em sedimentos arenosos.

A fim de caracterizar melhor os constituintes das litologias estudadas, foram realizadas análises petrográficas em algumas amostras, no entanto não foi possível confeccionar lâminas petrográficas de todas as fácies definidas, devido

à falta de coesão de muitas litologias, causada pelo grau de alteração e provavelmente ao soterramento raso. As lâminas foram confeccionadas no laboratório da Petrobras, na antiga base de São Mateus (ES).

GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA

Ao se observar os cortes de estrada nas rodovias do norte do estado é possível notar um grande manto de alteração de cor alaranjada a avermelhada, mas também é notável que alguns desses afloramentos mostram rochas e feições de sedimentação ainda muito bem preservadas, sendo possível observar estratificações incipientes, arquitetura deposicional, variação granulométrica, além dos principais constituintes do arcabouço.

Apesar de apresentarem feições de mosqueamento de óxido de ferro, a coloração original das rochas é mais clara (cinza claro a branco). No geral, as rochas não possuem um grau elevado de litificação.

Os afloramentos visitados se concentram mais nas regiões de Pinheiro e Boa Esperança, e um ponto próximo a São Mateus, no estado do Espírito Santo (Figura 1). Importante salientar que entre os pontos visitados, serão apresentados apenas os considerados de maior importância.

Em campo é possível reconhecer algumas litofácies de maior ocorrência na região, como arenito maciço, médio a grosso (Am1) ou médio

a fino (Am2), de cores branco a cinza claro e mal selecionados, como também fácies com estratificações cruzadas acanaladas incipientes (Aca). Fácies rudáceas mais comuns são conglomerados maciços sustentados pelo arcabouço (Cg). Em todas o conteúdo de matriz é variável. Já os lamitos não são corpos espessos, são maciços (Lm) de cores branca a cinza claro, argilosos a siltosos, mas podem conter grãos arenosos dispersos.

Foram observadas outras fácies que não são muito comuns, como um arenito fino (Amf), branco, moderado a bem selecionado. No mesmo afloramento (ponto 7) ocorre sobreposto um conglomerado (Cm) com espessura próxima a 20 m (sendo que o Cg possui normalmente até 3 m) e com blocos de argilito dispersos na matriz.

Além desses, em um único local (ponto 3) foi encontrado um lamito branco bioturbado (Lbi). Nas fácies areníticas, o arcabouço é constituído principalmente de quartzo leitoso e incolor, mas também de grãos de quartzo fumê e rosa, angulosos a subarredondados e, às vezes prismáticos (Figura 3).



Figura 3 – Cristal de quartzo encontrado nas rochas sedimentares da região.

Feldspato normalmente é branco, anguloso a subanguloso e muitas vezes caulinizado. A matriz é cinza claro a branca, provavelmente devido à presença de caulinita. Também são observados minerais acessórios como muscovita, biotita, grãos opacos que devem ser de turmalina e outros minerais máficos. As fácies rudáceas (Cm e Cg), além dos componentes dos arenitos, também contêm seixos arredondados de quartzo

e fragmentos de argilito cinza (sendo maiores em Cm) e, às vezes, fragmentos de arenito. Sua matriz normalmente é cinza claro a branco, constituída de quartzo, feldspato e argilominerais. Em todas as rochas é possível notar feições de oxidação vermelhas a laranjadas, com mosqueamento e capa de alteração. Na tabela 1 estão as principais características dessa litofácies.

Tabela 1 – Características das fácies identificadas na área de estudo.

Código	Descrição
Cg	Conglomerado maciço, branco a cinza claro, mal selecionado e sustentado pelo arcabouço. Constituído por: quartzo (leitoso, hialino, fumê e rosa) anguloso a arredondado; feldspato branco e opaco, anguloso a subanguloso, às vezes caulinizado, ora bem preservado com clivagem observável; fragmentos de rocha, principalmente de argilito cinza, mas também às vezes de arenito; matriz branca a cinza claro, composta por quartzo, argilominerais e feldspato, e; em menor proporção são observadas muscovita, biotita e turmalina.
Cm	Conglomerado com aproximadamente 20 m de espessura. Contém matriz areno-argilosa de cor cinza claro, seixos de feldspato branco angulosos e seixos de quartzo angulosos a arredondados. Blocos de argilito cinza são observados dispersos na matriz em até 10 m de espessura, enquanto a partir de 11 m, observam-se estratificação plano-paralela e níveis orientados de seixos de quartzo arredondados. Não foi notada nenhuma superfície de separação entre essas porções.
Am1	Arenito maciço, branco a cinza claro, médio a grosso, mal selecionado e sustentado pelo arcabouço. Constituído por: quartzo (hialino, leitoso, fumê e rosa) anguloso a subarredondado; feldspato branco e opaco, anguloso a subanguloso, às vezes caulinizado, ora bem preservado, com clivagem observável; matriz normalmente de cor branca a acinzentada, e; em menor proporção são observadas muscovita, biotita e aparentemente turmalina.
Am2	Arenito maciço, branco a cinza claro, médio a fino, mal a moderadamente selecionado e sustentado pelo arcabouço. Constituído pelos mesmos sedimentos do Am1.
Aca	Arenito branco a cinza claro, sustentado pelos grãos, com os mesmos constituintes do Am1, no entanto, apresenta estratificação cruzada acanalada incipiente de pequeno a médio porte e uma granulometria média a fina (como Am2). Moderadamente selecionado.
Amf	Arenito maciço, de coloração branca, com granulometria fina e sustentado pelo arcabouço. Constituído pelos mesmos sedimentos do Am1, porém é melhor selecionado, quando comparada as demais fácies psamíticas.
Lm	Lamito argiloso a siltoso, maciço, de cor branca a cinza claro. Às vezes ocorrem grãos de quartzo e feldspato do tamanho areia (fino a médio) sustentados pela matriz. Gretas de contração podem estar preenchidas por materiais oxidados.
Lbi	Lamito argiloso a siltoso, com bioturbações verticais, de cor branca a cinza claro.

A seguir serão apresentadas as principais formas de ocorrência e estruturas observadas para essas fácies nos afloramentos da área de estudo, pois a geometria desses depósitos e as feições observadas auxiliam na interpretação do ambiente de sedimentação.

As litofácies comumente apresentam geometria tabular e empilhamento vertical, com granodensidade ascendente. Por isso, normalmente as fácies mais grossas (Cg, Am1) são observadas na base, gradando para fácies de menor granulometria no topo (Am2, Lm).

No entanto, também são observadas feições de escavação de canal e posteriormente preenchimento por lamito, depósitos intercamadados, feições de acreção lateral e depósitos tabulares

com alternâncias rítmicas entre arenitos e argilitos.

O afloramento do ponto 2 é um exemplo desses ciclos normais de deposição, sendo também observadas estratificações cruzadas incipientes (Figura 4).

O afloramento possui aproximadamente 25 m, ali sendo observados, com as limitações do local, pelo menos três ciclos de gradação normal, formando depósitos tabulares.

Primeiro, na base, ocorre a fácies Cg de aproximadamente 3 m de espessura, gradando para um arenito fino a médio (Am2), que acima faz contato erosivo (linha tracejada - Figura 4C) com um arenito Am1, que representa um novo ciclo de sedimentação, o segundo.

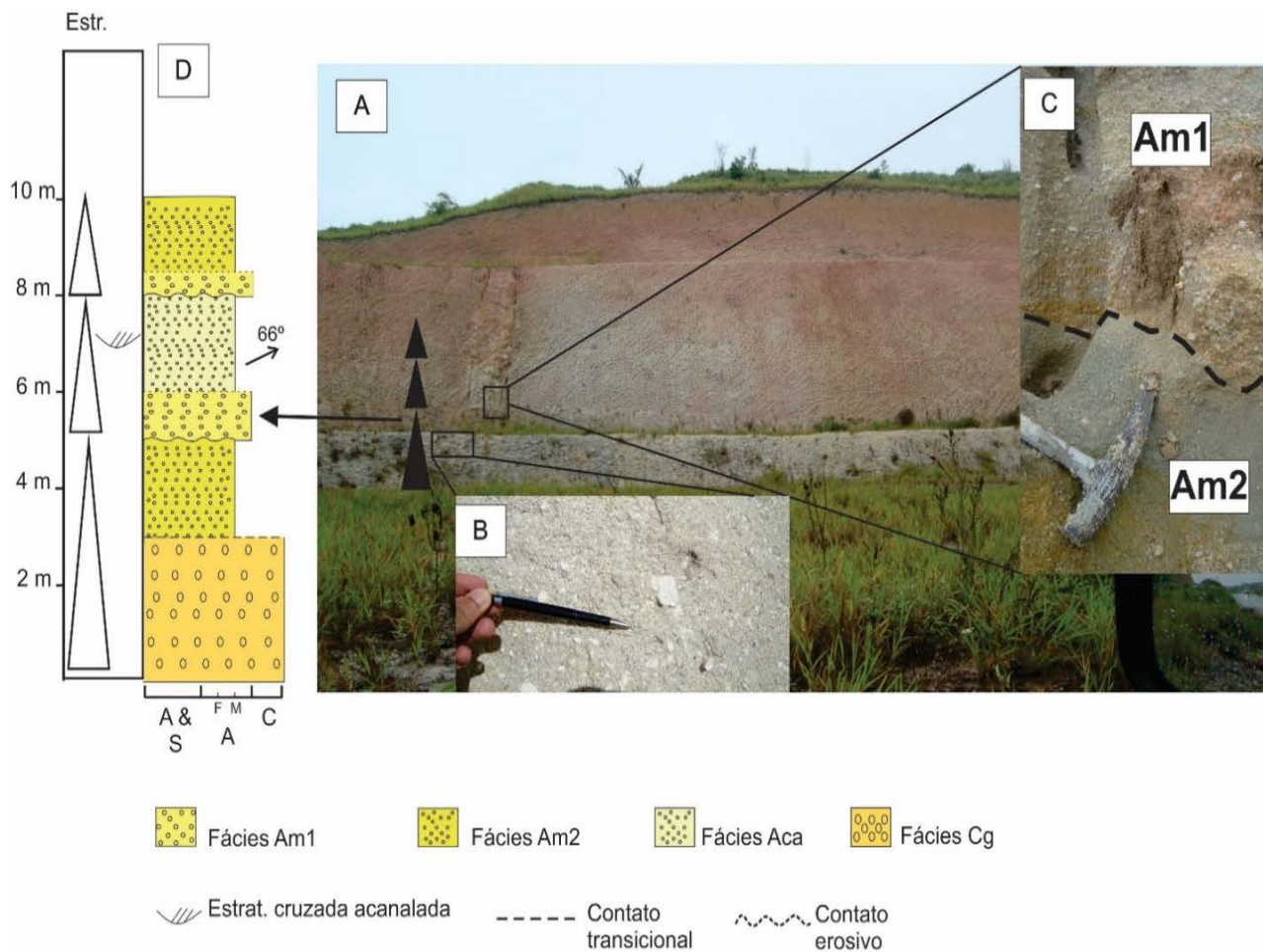


Figura 4 – A) Ponto 2 da área de estudo, onde observa-se depósitos com 3 ciclos de gradação normal. B) conglomerado constituído de quartzo, feldspato branco, fragmento de argilito e matriz cinza claro. C) Detalhe do contato entre os dois primeiros ciclos. D) Perfil estratigráfico.

Essa fácies Am1 é delgada, com seixos de quartzo arredondado e grada para fácies Aca, com estratificação incipiente, que faz contato erosivo na parte superior, novamente com um arenito delgado de fácies Am1 (terceiro ciclo), que também contém alguns seixos de quartzo arredondados.

Não foi possível observar a espessura desse último ciclo de sedimentação, devido as condições de segurança do afloramento, no entanto, é clara a diminuição da granulometria para o topo a partir da fácies Am1 (provavelmente gradando para Am2) e é possível notar o aumento da alteração do material devido ao intemperismo. Os dois primeiros ciclos possuem aproximadamente 5 m e 3 m, respectivamente. O perfil (Figura 4D) ilustra melhor o processo de sedimentação.

O afloramento do ponto 1 que ocorre ao lado do anterior (Figura 1), não foi observado o perfil estratigráfico por completo (devido às condições do local), mas se entende ser correlacionável ao ponto 2, já que a fácies Cg também ocorre na base.

Em análise de lâmina da fácies Am2, pôde-

se observar que além dos sedimentos notados em campo, as rochas também são constituídas por fragmentos de granito, quartzo policristalino, como também grãos de zircão e muscovita. Muitos dos grãos de quartzo são fragmentados e outros ainda apresentam pontas triangulares. Os grãos de feldspato estão muito alterados. O contato dos grãos é flutuante e às vezes pontual, o que mostra que a rocha não foi submetida a soterramento profundo. No entanto, notam-se reações de diagêneses como sobrecrescimento de quartzo e argilominerais diagenéticos, que compõem a fração mais fina (Figura 5).

No ponto 3 as fácies estão mais alteradas (Figura 6). Não se nota uma mudança granulométrica que caracterize uma gradação normal, mas é possível observar depósitos tabulares de fácies lamítica intercalados aos de fácies psamíticas. Nota-se na base a fácies Am2, sotoposto a um lamito branco tabular, com tubos verticais que indicam bioturbação (Lbi). Esse lamito faz contato superior erosivo com outro arenito aparentemente Am1.

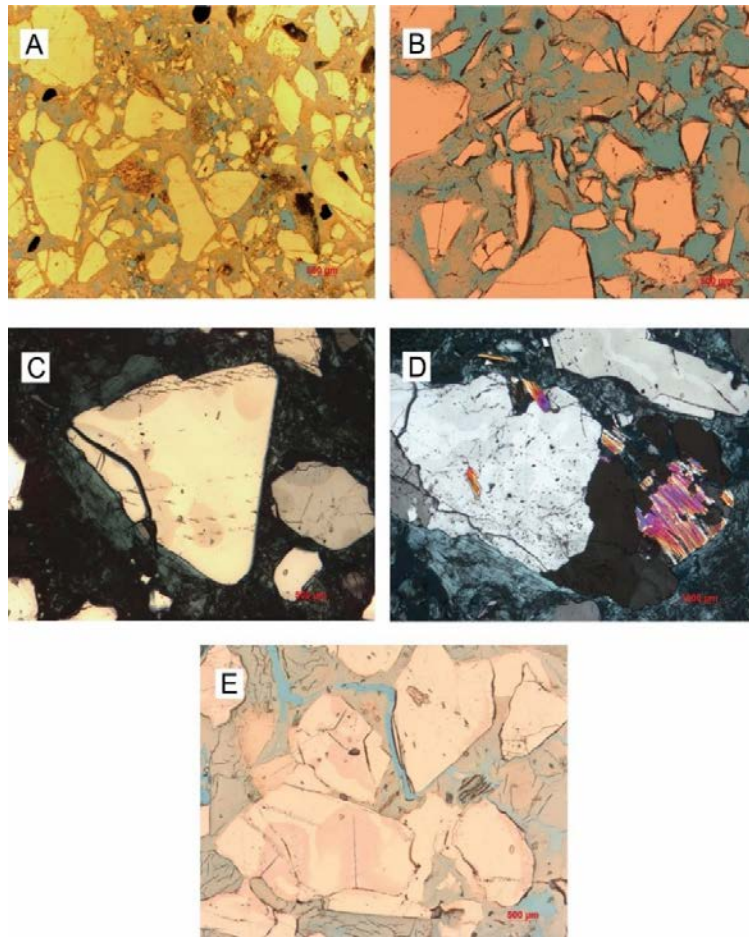


Figura 5 – Características petrográficas da fácies Am2 no ponto 02. A) Aspecto geral da rocha. B) Grãos de quartzo fragmentados. C) Pontas triangulares de quartzo. D) Fragmentos de rocha granítica. E) Sobrecrescimento de quartzo. Note a argila verde preenchendo os poros.

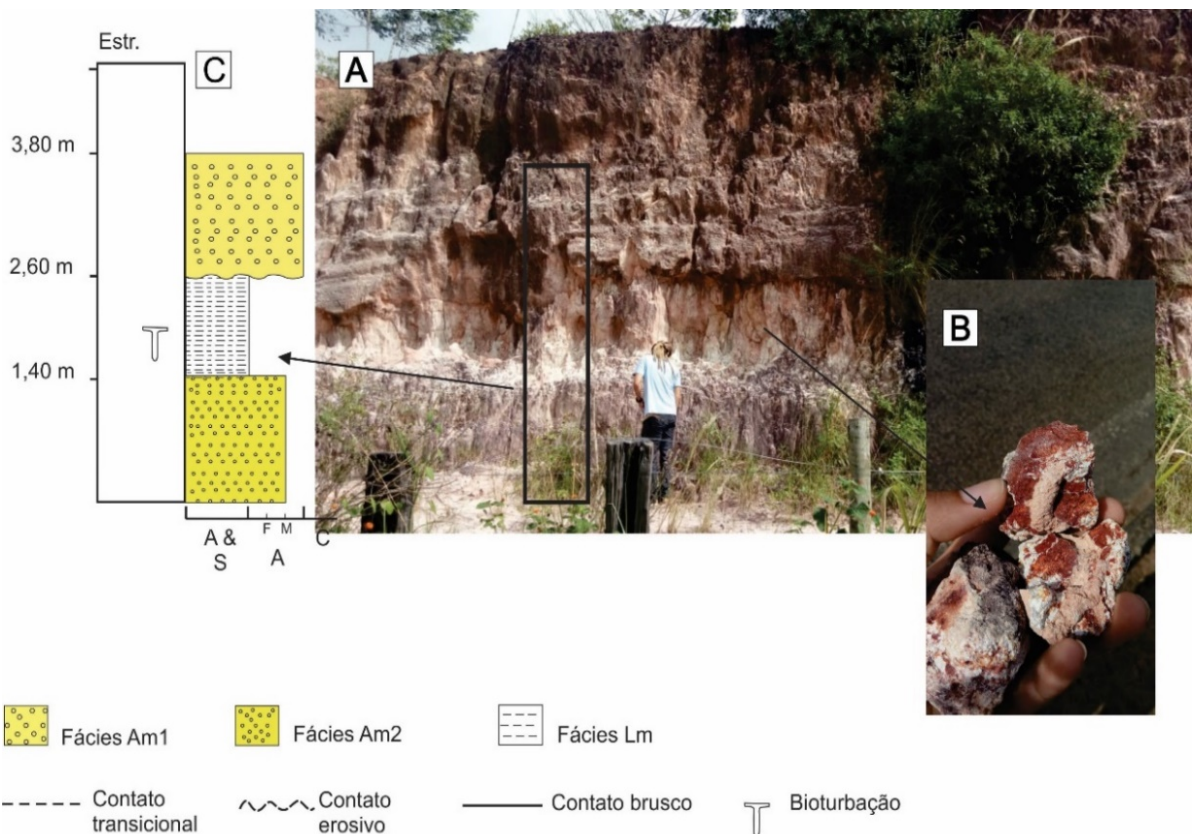


Figura 6 – A) Ponto 3 onde observa-se depósito intercamadado entre arenitos e lamito (B) bioturbado (Lbi). Todas as fácies apresentam capa de alteração avermelhada. C) Perfil.

Na análise petrográfica foi observada muita semelhança com a fácies Am2 do ponto 02, como a presença de muitos grãos de quartzo fragmentados, pontas triangulares, fragmentos de rochas graníticas, quartzo policristalino, contatos flutuantes (soterramento raso), sobrecrecimento de quartzo e argilo-minerais diagenéticos de coloração esverdeadas. No entanto, o teor de feldspato foi perceptivelmente menor, provavelmente devido ao estado mais avançado de intem-

perismo. Normalmente observa-se essa ocorrência (arenito fino) como uma gradação ao topo (dentro de uma mesma camada) e com uma espessura menor, no entanto, essa gradação não foi notada e, além disso, possui uma espessura de aproximadamente 1,5 m.

Para essa fácies, em lâmina, observa-se grãos fragmentados, fragmentos de rochas graníticas, feições de sobrecrecimento do quartzo e argila preenchendo os poros (Figura 7).

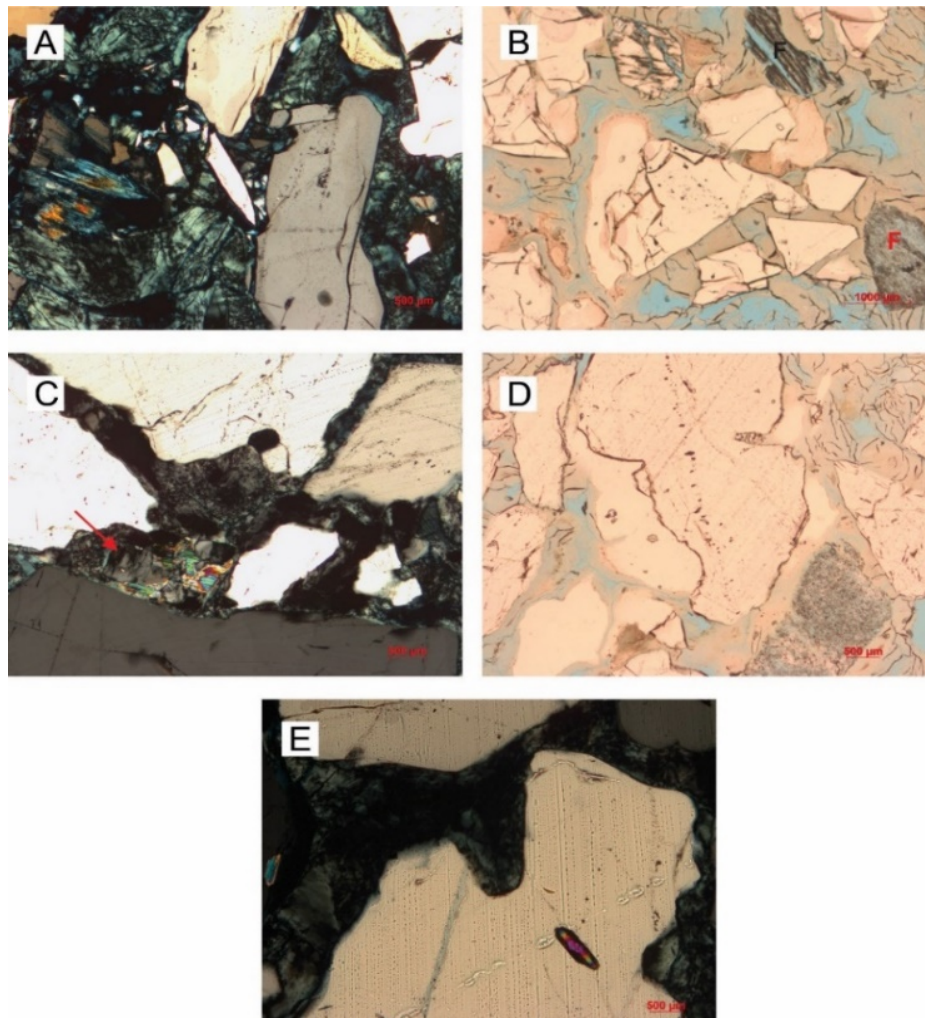


Figura 7 – Fácies Am2 no ponto 03. A) Grãos de quartzo fragmentados B) Pontas triangulares de quartzo, feldspato alterado (F) e argila verde (diagenética) preenchendo os poros. C) Fragmentos de rocha granítica (seta). D) Sobrecrecimento de quartzo. E) Borda do quartzo com feição de absorção.

No ponto 7 (Figura 8), onde a fácies Amf e Cm foram encontradas, nota-se que possuem características distintas das observadas na região. Essas fácies ocorrem próximas ao embasamento, que é visto no ponto 6. A fácies Amf se diferencia, quando comparada com as das outras psamíticas, por ser mais fina e mais bem selecionada. Aparece ser mais clara que as demais, porém não é um fator diagnóstico, pois também apresenta uma oxidação que lhe confere cores rosadas na superfície (Figura 8B). Normalmente observa-se essa ocorrência

(arenito fino) com uma gradação ao topo (dentro de uma mesma camada) e com uma espessura menor. No entanto, essa gradação não foi notada e, além disso, possui uma espessura em torno de 1,5 m.

A análise petrográfica (Figura 9) destas rochas mostra que a fácies Amf é constituída principalmente por quartzo, grãos de feldspato (plagioclásio e K-feldspato) e por argilominerais diagenéticos, mas também foram observados grãos de muscovita, biotita, zircão (alguns como inclusões) e alguns minerais opacos.

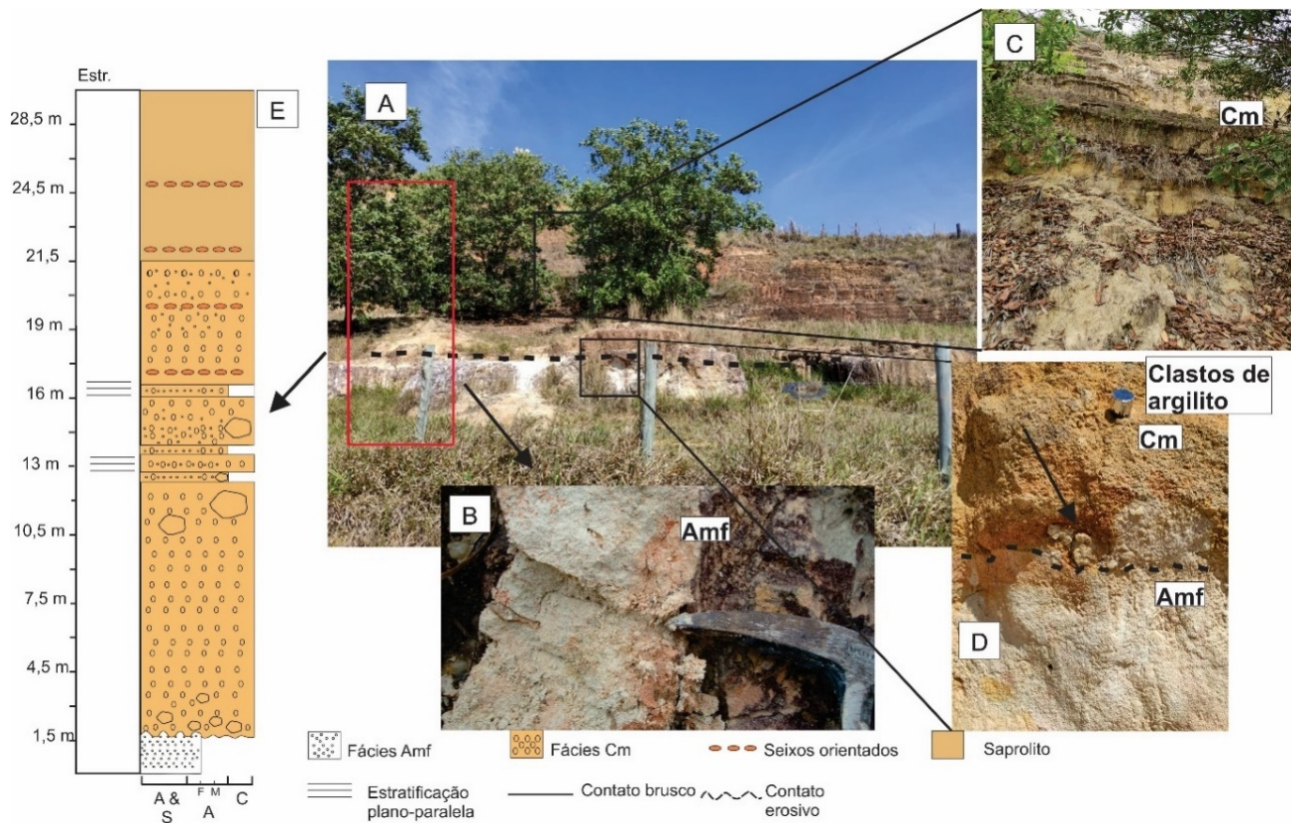


Figura 8 – A) Visão do afloramento estudado no ponto 7, com contato (linha tracejada) entre a fácies Amf e a fácies Cm. B) Aspecto da fácies Amf. C) Cm com estruturas tabulares e paralelas, que ocorrem mais próximo ao topo. D) Contato (linha tracejada) entre as fácies pode ser notado pela de diferença de coloração e pela granulometria. E) Perfil estratigráfico.

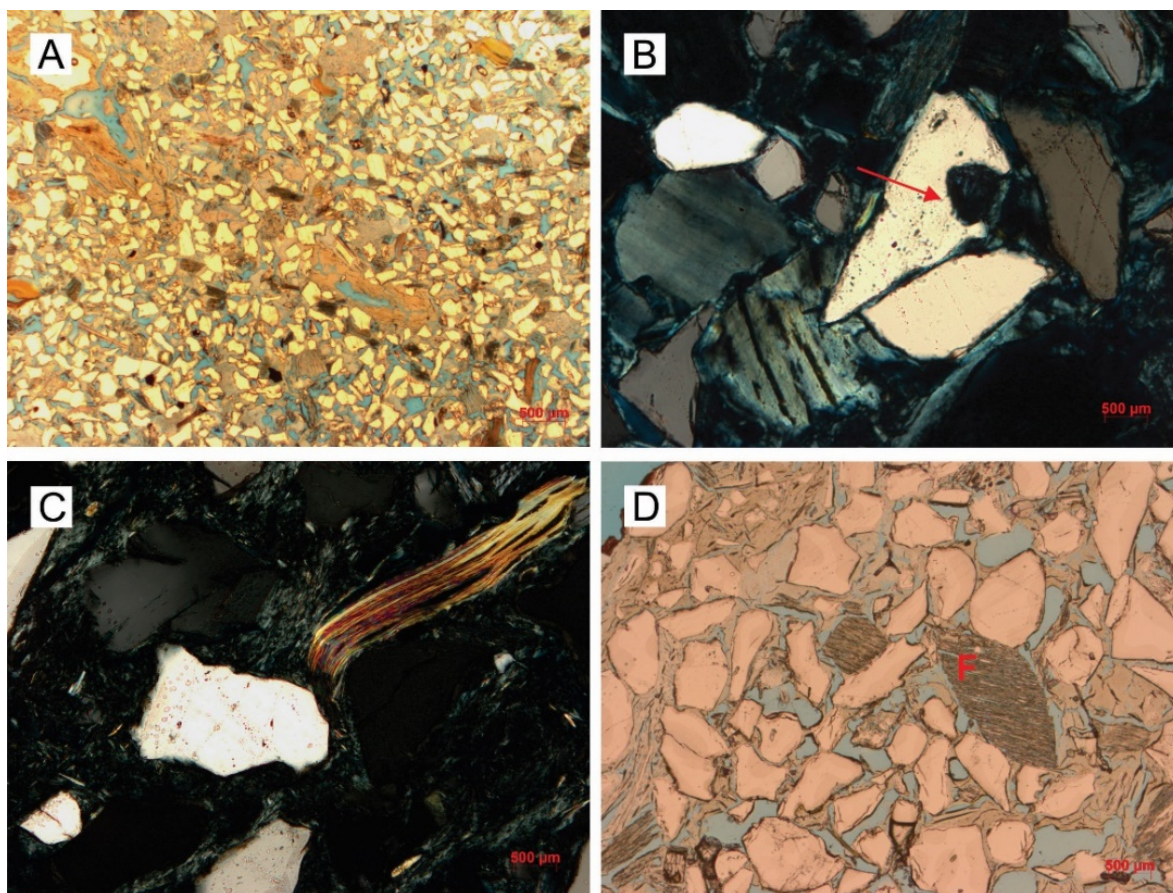


Figura 9 - Características petrográficas da fácies Amf no ponto 07. A) Aspecto geral da rocha, onde nota-se que o arcabouço uma moda semelhante. B) Pontas triangulares de quartzo com feição de absorção (seta). C) Grão de muscovita dobrado devido a compactação. D) Grãos de feldspato alterado (F) e os contatos pontuais a retos.

Os grãos são médios a finos e angulosos, porém uma moda mais uniforme (Figura 9A). Alguns grãos de quartzo apresentam pontas prismáticas e fragmentados. Os contatos variam de flutuantes a retos, sendo que alguns grãos de micas estão dobrados devido a compactação (Figuras 9C e D).

Muitos grãos de feldspato estão fortemente alterados, a ponto de ser difícil identificá-los com precisão (Figura 9D).

Sobrecrescimentos de quartzo também são observados, mas menos intenso que nos pontos

anteriores. A origem dos argilominerais deve ter relação com processos diagenéticos, já que esses aparecem preenchendo os poros a partir da borda, indicando uma origem *in situ*, como nas amostras anteriores.

Sobreposto a fácies Amf está a fácies Cm (observe o perfil da Figura 8E), que possui uma espessura de aproximadamente 20 m, constituído principalmente de sedimentos mal selecionados com matriz areno-argilosa, como grãos de quartzo, feldspato, minerais opacos e argilominerais (Figura 10).

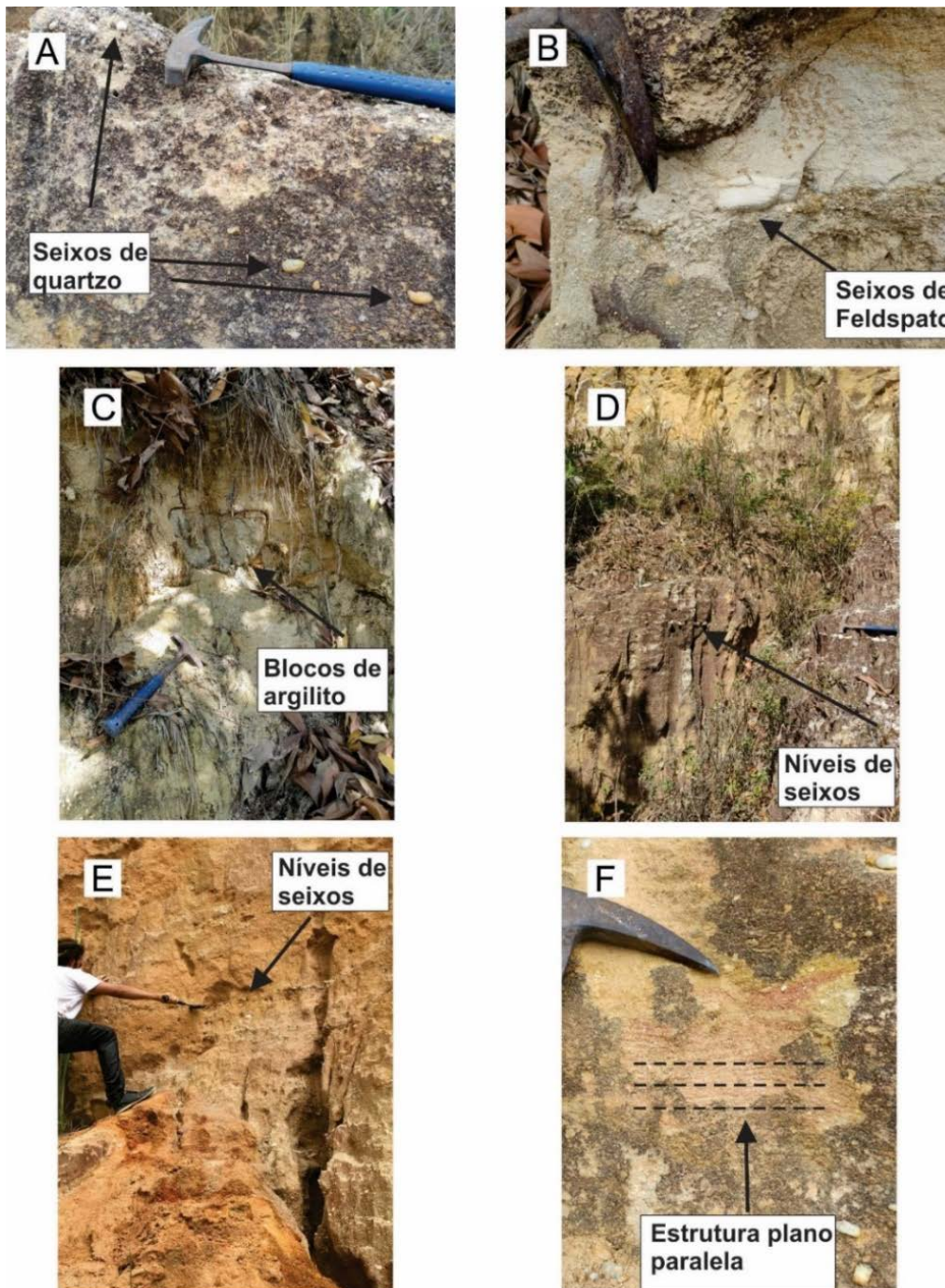


Figura 10 – Características da fácies Cm. A) Seixos de quartzo e matriz arenosa, próximo a base. B) Clasto de feldspato branco (≈ 12 m de espessura). C) Bloco de argilito envolto de matriz areno-argilosa (≈ 11 m de espessura). D) e E) Níveis de seixos orientados (≈ 16 m e ≈ 20 m de espessura). F) Estratificação plano paralela (≈ 15 m de espessura).

Devido ao intemperismo, a rocha pode apresentar coloração alaranjada a avermelhada, sendo que a cor real da matriz é cinza clara. Na porção inferior (até ≈ 10 m – Figura 8E) blocos de argilito cinza (de 10 cm a 30 cm), sustentados pela matriz, estão dispersos na rocha, assim como também seixos de quartzo e feldspato (Figuras 10B e 10C). A partir de aproximadamente de 11 m de espessura, a rocha vai ficando mais estruturada (Figuras 8E e 10D), tanto que é observada estratificação plano paralela (fluxo unidirecional, Figura 10F) e, mais próximo ao topo, níveis horizontais de seixos de quartzo

arredondados (Figura 10E). Provavelmente ocorreu uma mudança nos parâmetros do fluxo, já que abaixo a rocha é aparentemente maciça. No entanto, não é observada nenhuma superfície de contato separando essas duas porções

No ponto 8 foi identificado uma possível feição de preenchimento de canal por material lamítico (Lm), após um processo de escavação, como mostra o contato da Figura 11. Na base ocorre um arenito (Am2), mas devido a oxidação apresenta uma coloração laranja a avermelhada, o que ajuda a diferenciá-lo com precisão da fácies Lm, que possui cor branca.

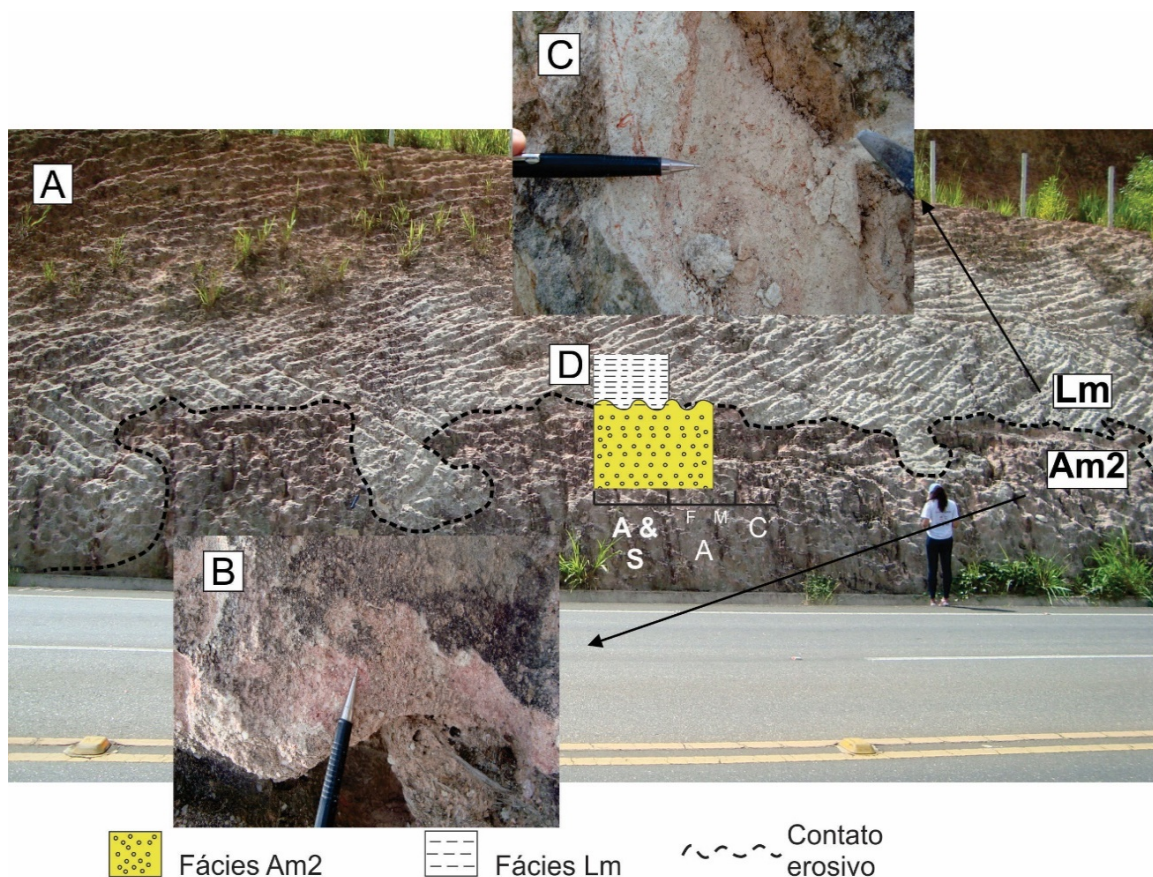


Figura 11 – A) Vista do ponto 8 com possível feição de escavação de um canal fluvial (linha tracejada) com posterior preenchimento por Lm. B) Fácies Am2 e fácies Lm (C). D) perfil estratigráfico.

Já no ponto 14 foram observados depósitos tabulares empilhados verticalmente, que apresentam alternância, de certa forma rítmica, entre arenitos e argilitos (Figura 12A). No afloramento também são observadas feições de intemperismo, pois a oxidação está presente em todas as rochas, incluído em gretas contração da fácies Lm. Na base observa-se inicialmente a fácies Am1 que grada para Am2 (mais espessa); acima ocorre a fácies Lm, que é sotoposta por Am2 e essa novamente por Lm e mais uma vez por Am2 (Figura 12B).

Em continuidade desse último depósito, ao lado, observa-se um material arenoso, porém

alterado, o que torna difícil definir as litofácies, mas que poderia se tratar de uma fácies de granulometria intermediária (Am2). Apesar disso, a arquitetura do depósito aparenta ser de um canal, em corte transversal (Figura 13), contudo, não é possível fazer nenhuma afirmação, pois os contatos foram parcialmente obliterados.

O afloramento do ponto 15 está muito alterado, mas a arquitetura do depósito foi preservada, o que mostra claramente um processo de acreção lateral com posterior abandono (Figura 14), muito semelhante a formação de um depósito de barra de meandro.

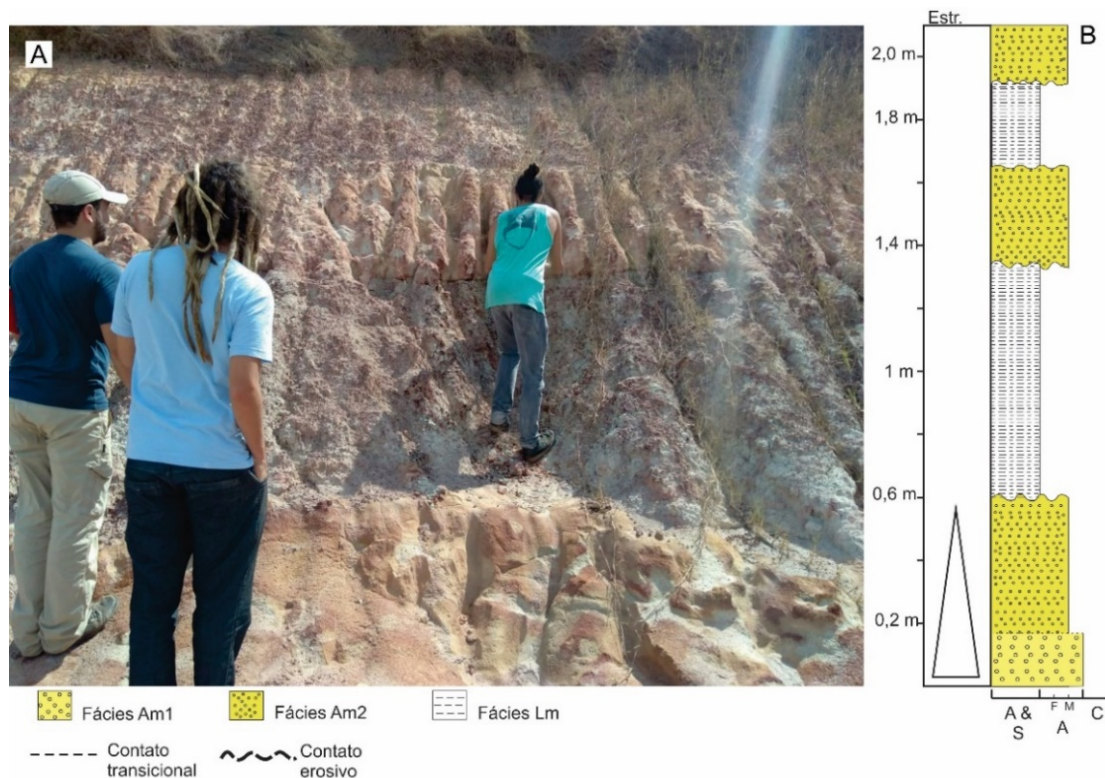


Figura 12 – Vista do afloramento 14: A) Alternância de depósitos arenosos (Am1 e Am2) com a fácies Lm. B) Perfil estratigráfico.

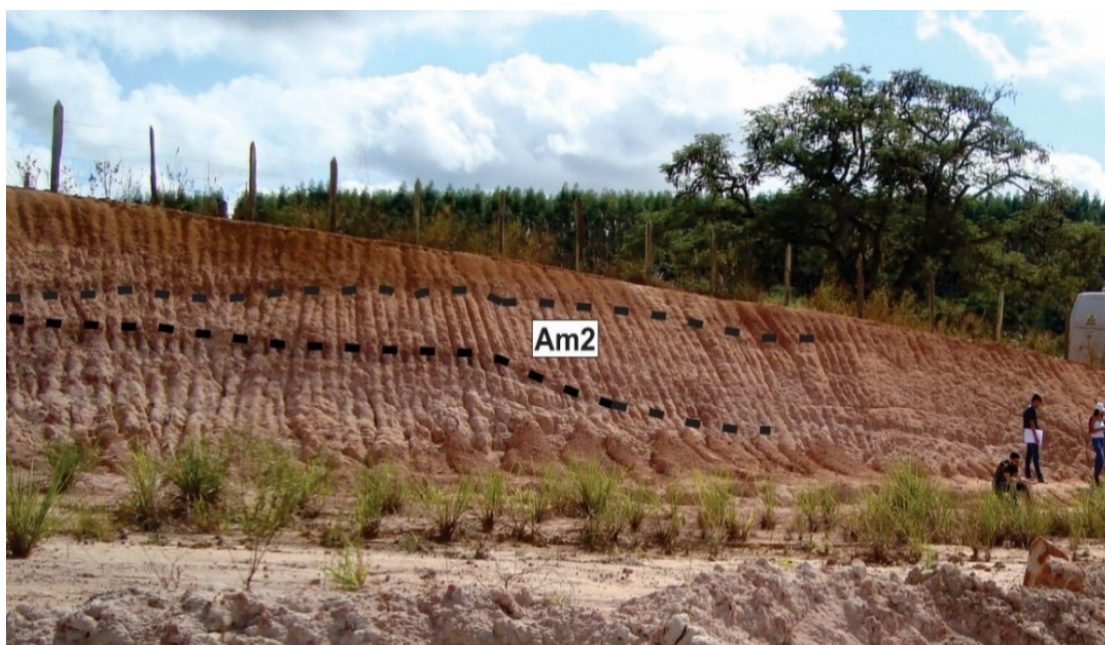


Figura 13 – Continuidade da vista do afloramento anterior, onde se observa uma possível arquitetura de um canal.

Na base ocorre um arenito muito alterado de cor laranja, onde nota-se presença de grãos de quartzo angulosos, assemelhando-se em termos granulométricos a fácies Am2 (mas contém mais argilominerais), sotoposto aparece um lamito branco (Lm) delgado, com intenso mosqueamento de óxido de ferro.

Aparentemente esse ciclo de acreção seguido de abandono ocorreu ao menos duas vezes,

sempre finalizando com uma camada de argila.

No segundo ciclo a camada de argila é mais espessa. Não é possível afirmar se o esse processo ocorreu mais do que duas vezes, pois as rochas acima do perfil (Figura 14C) apresentam pedogênese mais avançada, o que dificulta o reconhecimento. Importante observar no mapa, que esse ponto representaria um depósito mais distal.

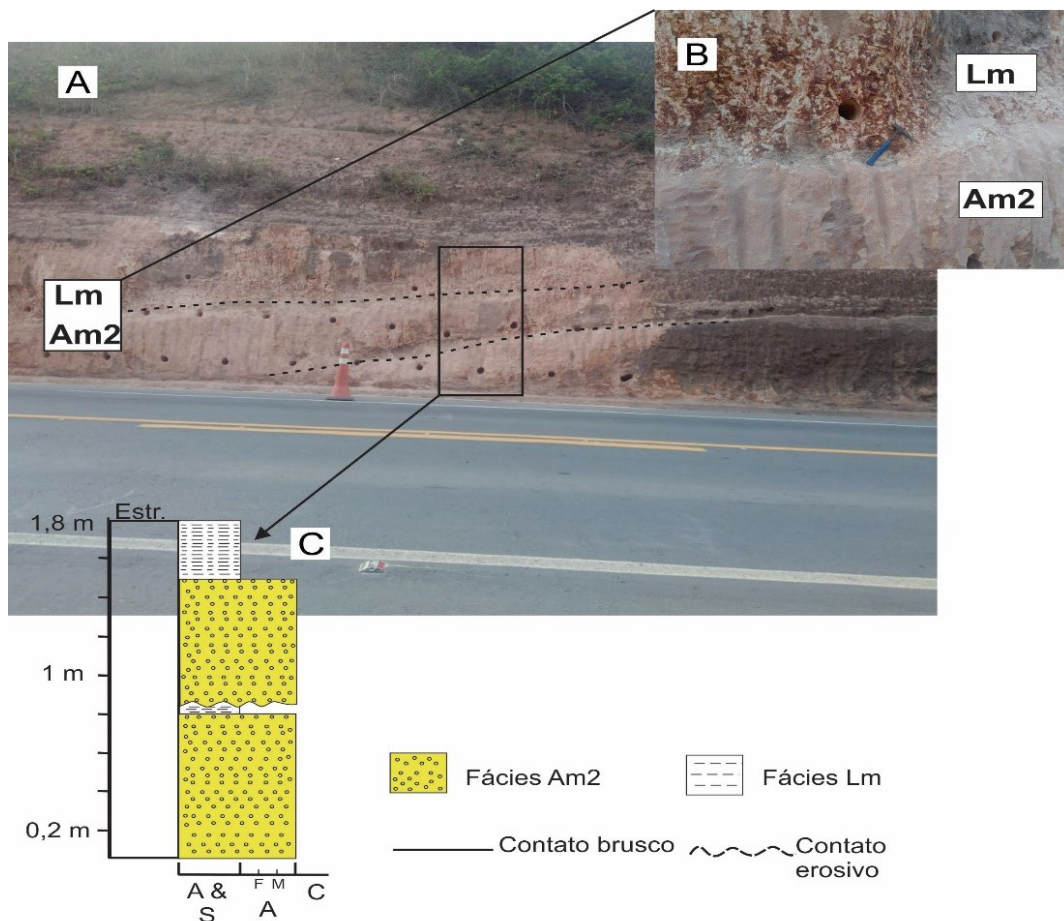


Figura 14 – A) Arquitetura do ponto 15 revela um processo de acreção lateral, que pode ter se repetido ao menos duas vezes. B) Contato entre a fácies Lm (mosqueado) e Am2. C) perfil estratigráfico.

DISCUSSÃO

Em lâmina, algo importante observado foi a presença de muitos grãos de quartzo fragmentados, pontas prismáticas e grãos com feições de absorção (Figura 9B), que são características apontadas em Novais et al. (2008) para as rochas piroclásticas em São Mateus (ES).

No entanto, também foram observados fragmentos de rochas graníticas e quartzo policristalino (além de rochas sedimentares vista em campo), indicando que as fácies estudadas podem ser compostas por retrabalhamento desse material vulcanoclástico, juntamente com outras fontes, o que é condizente com as características sedimentológicas descritas por Oliveira (2016).

Os contatos entre os grãos observados em lâmina, em sua maioria são flutuantes a pontuais, sugerindo um ambiente diagenético raso, o que pode explicar a pouca coesão das litofácies. Mas aparentemente o grau de compactação foi maior no arenito da base do ponto 7 (Amf), onde os contatos pontuais são mais frequentes, tendo entre alguns grãos, contatos retos e inclusive com alguns grãos de mica deformados, porém, ainda assim, são observados grãos flutuantes em lâmina,

revelando que o soterramento foi heterogêneo e não muito profundo.

Aliás, o ponto 7 é o único afloramento estudado que apresenta fácies distintas. Nesse ponto, o arenito (Amf) é mais fino e mais bem selecionado que os demais e pode representar o depósito mais antigo estudado, já que ocorre próximo ao embasamento (ponto 6). E ainda é sobreposto a fácies Cm por um contato erosivo. E por isso algumas questões podem ser levantadas:

Será que essa fácies (Amf) representa a exposição da Formação Rio Doce? Será que o contato erosivo entre essas fácies representa uma superfície que separa as Formações Barreiras e Rio Doce? Ou apenas representa uma fácies mais proximal da Formação Barreiras?

A fácies Cm com aproximadamente 20 m de espessura, contém blocos de argilito, clastos de feldspato e de quartzo dispersos em uma matriz arenosa-argilosa na porção basal (até 10 m de espessura), indicando um possível depósito de fluido de alta densidade. Na porção superior (a partir 11 m) são encontrados estratificação plano-paralela e níveis orientados de seixos de quartzo

arredondados, que indicam a deposição por um fluido de corrente unidirecional. Não foi observada nenhuma superfície que separe a porção basal da porção superior. Tais características sugerem então, que a sedimentação deve ter ocorrido em algum evento de alta energia, com grande densidade de sedimentos transportados por uma corrente unidirecional em alta velocidade.

Oliveira (2016) e Oliveira et al. (2018) postulam que a tectônica tenha afetado a geomorfologia da bacia, a ponto de sugerir que muitos blocos altos na porção *onshore* mapeados como Formação Barreiras, na verdade são da Formação Rio Doce, já que não é observada, em superfície e nem subsuperfície, nenhuma discordância regional entre essas unidades, indicando a princípio, de que há uma única formação acima da discordância Pré-Neoeoceno (França et al., 2007). No atual trabalho não foi observada nenhuma superfície que indique uma discordância de caráter regional, como também é sugerido por Arai (2006) no Mioceno superior (Tortoniano) para o Barreiras Superior. Apenas um contato erosivo mais incisivo no ponto 07, mas até o momento é algo apenas local. Com isso pode ser coerente supor, que todas essas fácies estudadas componham a mesma formação.

Todavia, segundo o mapeamento geológico da CPRM (Vieira & Menezes, 2015 – Figura 1) os locais de estudo compreendem fácies da Formação Barreiras. As rochas em campo possuem semelhanças com as descrições feitas para essa unidade, como intemperismo de variados graus, aparentemente caulínítico, maciço ou às vezes com estratificação incipiente, contendo clastos de argilito, friáveis e submetidas a diagênese rasa, enquanto para Formação Rio Doce foi observada diagênese mais avançada por Moraes (2007) na cidade Pedro Canário (ES).

E a autora ainda descreve a Formação Rio Doce como ortoconglomerados ora maciços ora com estratificação acanalada, arenitos médios a grossos, também às vezes maciços ou com estratificação acanalada e lamitos intercalados, todos são esbranquiçados a acinzentados Grãos de quartzo e feldspato (normalmente alterados) seriam os constituintes mais notados, sendo comum a ocorrência de mosqueamentos de óxidos de ferros.

Assim, observa-se que existem muitas semelhanças entre as formações, o que pode corro-

borar com a suspeita de Oliveira et al., (2018), que a diferença esteja na análise litoestratigráfica, pois são depósitos similares, sendo a Formação Rio Doce descrita para poços e a Formação Barreiras para superfície.

Todavia, considerando que a contribuição de material piroclástico para as rochas estudadas é mais alinhando com os trabalhos de Novais et al. (2008) e Oliveiras (2016), as rochas aflorantes poderiam ser mais antigas do que a Formação Barreiras.

Ainda existem muitas dúvidas e é muito cedo para fazer qualquer afirmação sobre qual unidade aflora na região, pois existem argumentos nas duas direções. Assim, serão necessários mais dados para esclarecer essa questão, principalmente dados de cunho geocronológico.

As características de campo são claramente de depósitos fluviais, muito provavelmente de rios entrelaçados, exceção pode ser o ponto 15, que apresenta acreção lateral (depósito distal).

Considerando a estratigrafia de sequências, a deposição deve ter ocorrido em uma condição de acomodação/aporte que permitiria a deposição. A acomodação nessa fase da evolução da bacia do Espírito Santo pode ter sido causada por uma transgressão marinha (que poderia afetar todo o sistema sedimentar, inclusive em ambientes proximais).

O modelo de Arai (2006) aponta essa condição eustática para o Barreiras. Mas Oliveira (2016) também considera uma condição eustática semelhante. A diferença que o modelo de Oliveira (2016) considera que a tectônica afeta o aporte sedimentar, soerguendo a área fonte e formando depósitos flúvio-deltaicos (progradação) de 4ª ordem, dentro de uma sequência de 3ª ordem.

O modelo de Martinsen et al. (1999) para depósitos fluviais proximais, poderia encaixar melhor na região estudada, onde haveria espaço para acomodação a ponto de gerar deposição de corpos areníticos e conglomeráticos, no entanto, a taxa de acomodação não é alta a ponto de gerar depósitos de canais isolados, envoltos de extensas planícies de inundação. Assim, talvez, esses depósitos representem um trato de sistemas de baixa acomodação para ambientes continentais proximais (segundo o modelo dos autores supracitados). A tectônica, além de afetar o aporte (Oliveira, 2016), talvez possa ter afetado o espaço de acomodação, sem que necessariamente o sistema tenha sido afetado por uma transgressão marinha.

CONCLUSÕES

Apesar do grande manto de alteração presente nessa região, as características observadas na porção estudada da bacia do Espírito Santo, deixam claro a influência de sedimentação fluvial.

As litofácies comumente apresentam geometria tabular e empilhamento vertical, com granodecrescência ascendente, com fácies mais grossas (Cg, Am1) gradando para fácies de menor granulometria (Am2, Lm ou Lbi). Além disso, foram observadas estruturas de fluxo unidirecional, feições de escavação de canal e posteriormente preenchimento por lamito, depósitos intercamadados, feições de acreção lateral e depósitos tabulares com alternâncias rítmicas entre arenitos e lamitos. Normalmente os depósitos são mal selecionados com matriz branca a cinza claro, sustentada pelo arcabouço.

Esses ciclos de granodecrescência ascendente (ponto 2) com estratificações incipientes (ponto 2 e 7), assim como os de abandono/preenchimento (ponto 8) e acreção lateral (ponto 15) são feições comuns em depósitos de canais fluviais. Como também a alternância cíclica de depósitos tabulares entre arenitos e lamitos (ponto 14) e,

fácies lamíticas bioturbadas (ponto 3) apontam para depósitos de planície de inundação.

Dessa forma, os lamitos que não possuem nos locais estudados grandes dimensões, mas são comumente observados, devem ter relação com abandono e preenchimento de canais, planícies de inundação e depósitos finais de ciclos de gradação normal, enquanto as fácies areníticas e rudáceas, sustentadas pelo arcabouço, devem ter relação principalmente com depósitos de canais, como barras de canal e talvez de meandro, como provavelmente o ponto 15 (depósito distal - Figura 15).

Pelas características acima, má seleção e a presença de grãos de feldspato preservados, sugere-se para a região de estudo, deposição através de um ambiente fluvial entrelaçado (como aponta Moraes, 2007 - exceção deve ser o ponto 15), sendo as fácies constituídas por materiais da Faixa Araçuaí, possivelmente por sedimentos vulcanoclásticos, além de argilominerais diagenéticos (provavelmente caulinita), em uma relação de aporte de sedimentos e nível de base, que favoreceu a deposição no interior da bacia.

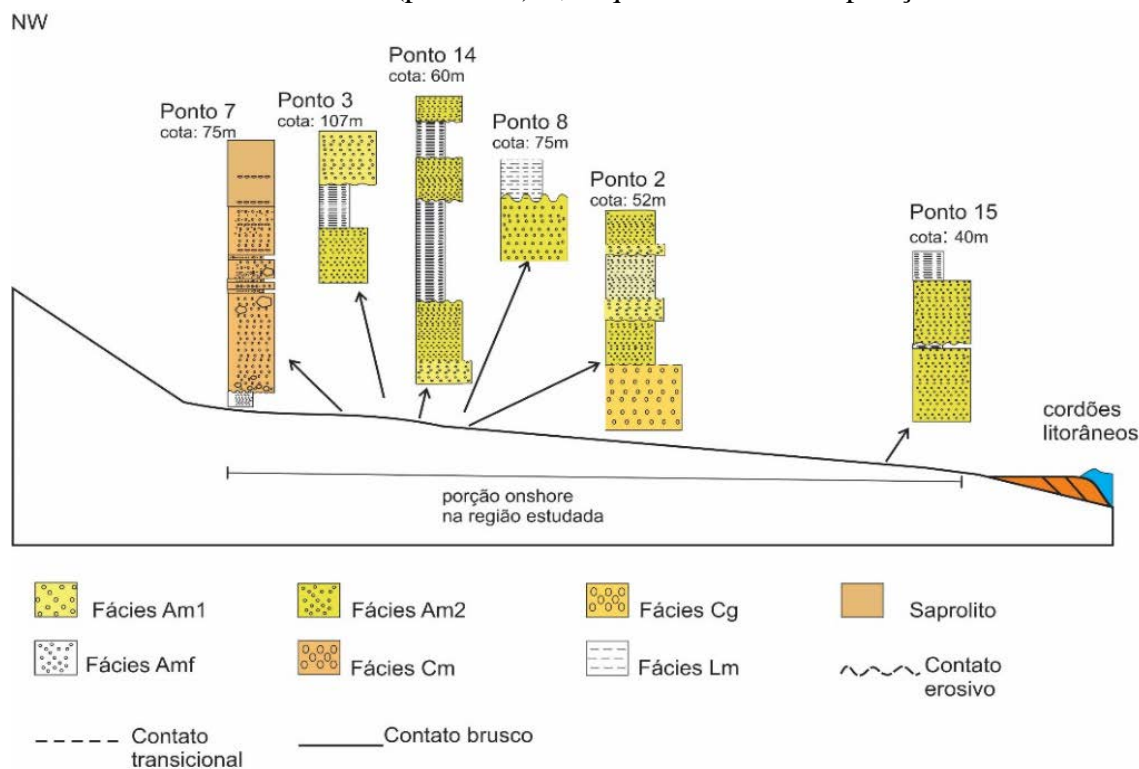


Figura 15 – Esquema de distribuição dos depósitos estudados em relação à área fonte, sem escala.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos técnicos da Petrobras na antiga base em São Mateus (ES), principalmente a Emanuel da Silva Malta.

REFERÊNCIAS

- ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geologia USP, Série Científica*, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.
- ASMUS, H.E.; GOMES, J.B.; PEREIRA, A.C.B. Integração geológica regional da Bacia do Espírito Santo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25, 1971, São Paulo. *Anais...São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia*, 1971.
- ASMUS, H.E. & PORTO, R. Diferenças nos estágios iniciais da evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31 (1), 1980, Camboriú. *Anais...Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia*, 1980.
- BEZERRA, F.H.R.; MELLO, C.; SUGUIO, K.A. Formação Barreiras: recentes avanços e antigas questões. *Geologia USP, Série Científica*, v. 6, n. 2, p. III-VI, 2006.
- FRANÇA, R.L.; DEL-REY, A.C.; TAGLIARI, C.V.; BRANDÃO, J.R.; FONTANELLI, P.D.R. Bacia do Espírito Santo. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, n. 2, p. 501-509, 2007.
- MARTINSEN, O; RYSETH, A.; HANSEN, W.H.; FLESHE, H.; TORKILDSEN, G.; IDIL, S. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ericson Sandstone (Campanian), Rock Springs Uplift, SW Wyoming, USA. *Sedimentology*, v. 46, p. 235-259, 1999.
- MATOSO, S.Q. & ROBERTSON, F.S. Uso geológico do termo Barreiras. *Boletim Técnico da Petrobras*, v. 2, p. 37-43, 1959.
- MIZUSAKI, A.M.; ALVES, D.B.; CONCEIÇÃO, J.C.J. Eventos magmáticos nas bacias do Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário Camboriú. *Anais...Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia*, 1994.
- MORAIS, R.M. O. *Sistemas fluviais terciários na área emersa da Bacia do Espírito Santo (formações Rio Doce e Barreiras)*. Rio de Janeiro, 2007, 163p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ.
- MOTOKI, A.; NOVAIS, L.C.C.; SICHEL, S.E.; NEVES, J.L.; AIRES, J.R. Rochas Piroclásticas Félsicas Originadas Pela Erupção Subaquática na Bacia Sedimentar do Espírito Santo: Uma Associação com o Modelo Tectono-Sedimentar. *Geociências*, v. 26, n. 2, p. 151-160, 2007.
- NOVAIS, L.C.C.; ZALENKA, T.; SZATMARI, P.; MOTOKI, A.; AIRES, J.R.; TAGLIARI, C.V. Ocorrência de rochas vulcânicas ignimbríticas na porção norte da Bacia do Espírito Santo: evolução do modelo tectono sedimentar. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 16, n. 1, p. 139-156, 2008.
- OLIVEIRA, L.C. *Revisão tectono-estratigráfica da seção cenozoica da porção emersa das bacias do Espírito Santo e Mucuri*. Rio de Janeiro, 2016. 165 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Geologia, Universidade do estado do Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, L.C.; OLIVEIRA, R.M.A.G.; PEREIRA, E. Possível Controle Neotectônico sobre as Falésias do Litoral Sul da Bahia. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 41, n. 3, p. 702-716, 2018.
- PIAZZA H.D. & ARAÚJO M.B. *Projeto Rio Doce, Geologia da Parte Continental*, Relatório n 1582. Salvador: Petrobrás RPBA, 63 p., 1972.
- SANABRIA, L.O.; PEREIRA, E.; ANTONIOLLI, L. Revisão Estratigráfica dos depósitos miocênicos aflorantes na Região do Alto de Olivença, Litoral Sul do Estado da Bahia-Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 18, n. 3, p. 475-488, 2015.
- VIEIRA, V.S. & MENEZES, R.G. (Coords). *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais*. Belo Horizonte: CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 294 p., 2015.

Submetido em 24 de março de 2024

Aceito para publicação em 16 de outubro de 2024