

CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA E PALEOAMBIENTAL DE DEPÓSITOS SEDIMENTARES DABACIA DO MACACU NA REGIÃO DE ITAMBÍ, ITABORAÍ, RIO DE JANEIRO

Ricardo Ribeiro PERCILIO¹
Sergio BERGAMASCHI²
Luiz Carlos BERTOLINO³

¹ Geógrafo. Mestre em Geologia. Doutorando em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. ricgeo23@ufrj.br

² Geólogo. Doutor em Geologia. Professor Associado da Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - FGe/UERJ. sergioberg7@hotmail.com

³ Geólogo. Doutor em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos. Tecnologista Sênior e Professor Associado, Centro de Tecnologia Mineral - CETEM-MCT e Fac. de Formação de Professores - UERJ. lcbertolino@uol.com

RESUMO. A Formação Macacu, situada na porção centro-sul da bacia de mesmo nome constitui-se de quatro sistemas deposicionais distintos. Neste trabalho, procedeu-se a caracterização faciológica em afloramentos através da descrição de seções colunares e interpretação das principais fácies identificadas em campo. Em laboratório empregou-se a pipetagem, análise granulométrica, microscopia óptica de varredura e a difração de raios X em sedimentos argilosos da Formação Macacu, objetivando a caracterização dos argilominerais desta unidade e seu contexto deposicional discutindo tanto a origem destes depósitos como sua componente paleoambiental. A fração argila apresentou predomínio de caulinita e esmectita. As fácies identificadas permitiram distinguir estes depósitos sedimentares em 4 (quatro) ambientes: A) Lacustre; B) Leque Aluvial; C) Canal Fluvial; D) Sistema Fluvial Entrelaçado Cascalhento.

Palavras-chave: Formação Macacu; caracterização; argilominerais; paleoambientes.

ABSTRACT. Characterization faciologic and paleoenvironmental of the sedimentary deposits in the Itambí region, Itaboraí, Rio de Janeiro State. The Macacu Formation, exposed at south-central in the Macacu Basin is divided in the four distinct depositional systems. In this work proceeded the faciologic characterization in outcrops by describing profiles sedimentological and interpretations of the main facies identified in field. In laboratory were employed the pipetting, granulometric analysis and optical microscopy in clayey sediments of this unit, aiming at the characterization of clay minerals as well as their depositional context. It is intended to discuss both the source of these deposits and their paleoenvironmental component. The results show the predominance of clay mineral kaolinite fraction and smectite. The identified facies allow the distinction of four environments: A) Lacustrine; B) Alluvial Fans; C) Fluvial Duct; D) Gravel Braided Fluvial System.

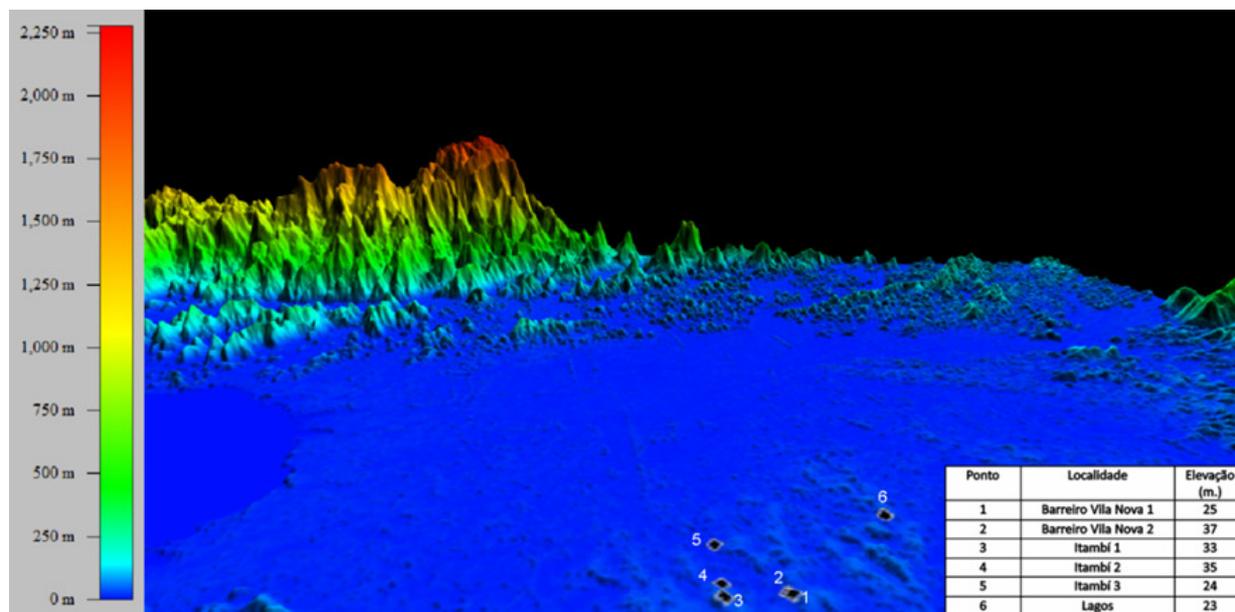
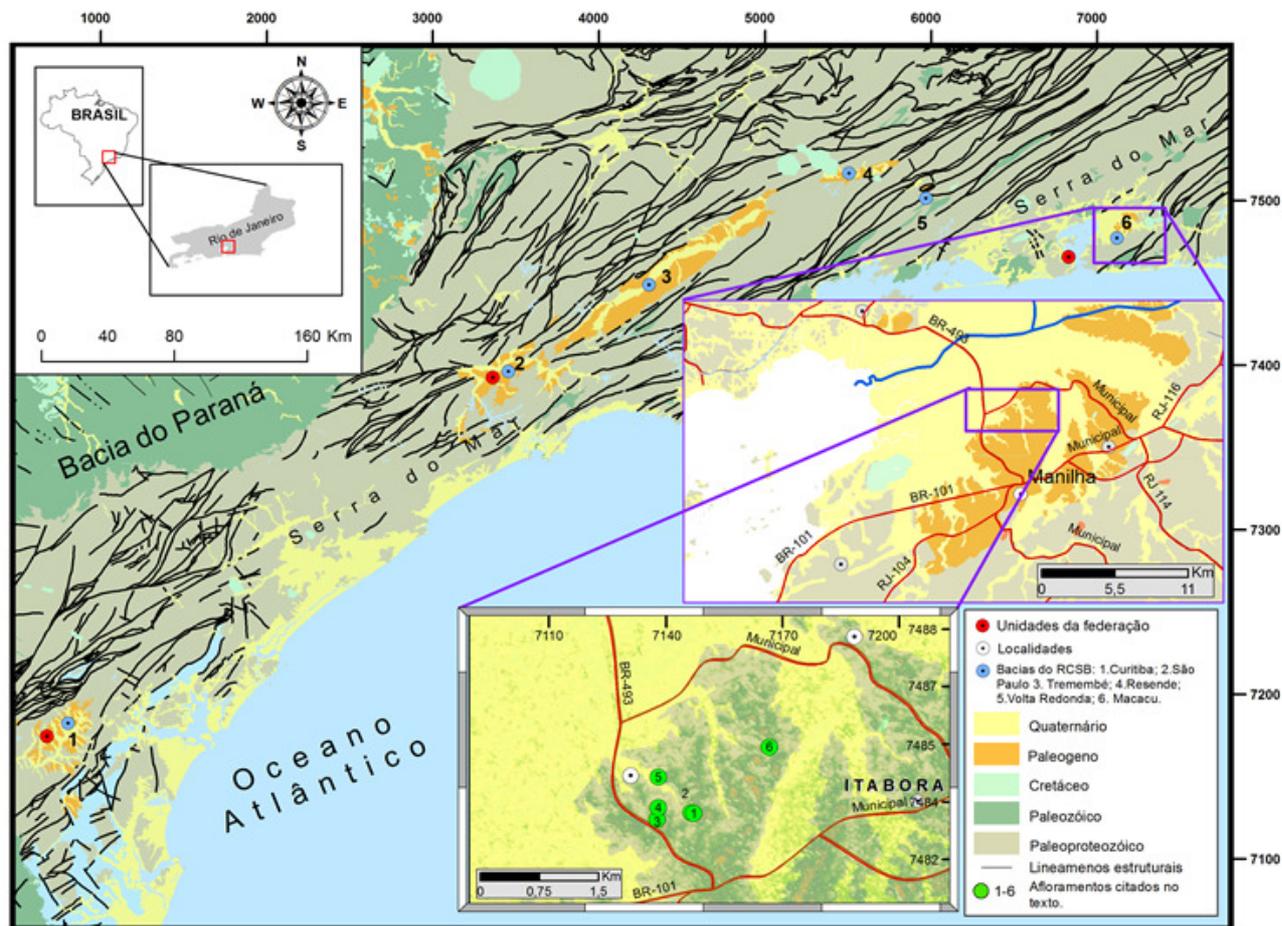
Keywords: Macacu Formation; characterization; clay mineral; paleoenvironmental.

INTRODUÇÃO

Os depósitos cenozoicos correspondentes à Formação Macacu na Bacia de mesmo nome, têm suscitado o interesse do ponto de vista econômico em decorrência da extração de argilas para confecção de materiais cerâmicos e/ou insumos para a construção civil desde os anos 1940 servindo de recurso mineral ao desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (CAMPOS, 1955), além de representar relevante registro geológico constituinte do Sistema de *Rifts* Continentais do Sudeste do Brasil. Os estudos pioneiros sobre os depósitos da Formação Macacu iniciados nos anos 1970 discutiram a bacia sob diferentes aspectos: sedimentológico (MEIS; AMADOR 1972, 1974 e 1977; AMADOR, 1980; DALCOLMO et al., 1982), estratigráfico (ALMEIDA, 1976), e mais recentemente sob o aspecto tectono

Litologicamente a Formação Macacu caracteriza-se pela elevada quantidade de depósitos arenoargilosos, siltoargilosos e arenitos lamosos úteis em estudos sobre o comportamento deposicional e diagenético. Assim este trabalho tem por objetivos principais ampliar o conhecimento sobre as fácies sedimentares da Formação Macacu identificadas na região de Itambí e, paralelamente, detalhar os minerais de argila. A partir destas informações pretende-se identificar os processos deposicionais atuantes e o vínculo genético entre estes e as mudanças ocorridas no ambiente sedimentar durante o eoceno. Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionados afloramentos em frentes de extração de argila nas localidades de Itambí, localidade situada no município de Itaboraí, a nordeste da cidade do Rio de Janeiro (Figura 1).

Figura 1(A): Mapa geológico da área de estudo com destaque para a Formação Macacu e os pontos das áreas estudadas. Modificado de Moraes (2001), Ferrari (2001), Folha Rio de Janeiro (SF23), 1:1.000.000 (Geobank/CPRM) e relevo sombreado com azimute de 315° e altitude 45°; (B) Elevação das áreas estudadas e imagem 3D (arquivo ASTGTM2_S23W043 disponível em gdem.ersdac.jspacesystems)



Caracterização da Formação Macacu

O primeiro relato da existência de sedimentos aflorantes no recôncavo da Guanabara foi realizado no século XIX por Hartt que relacionou estes depósitos a Formação Barreiras (FREITAS, 2001). Entretanto investigações geocientíficas de caráter sistemático na região foram realizadas somente na segunda metade do século XX. Através dos esforços de Meis e Amador (1974; 1977); Amador (1980) e Dalcolmo et al. (1982) houve maior aprofundamento no estudo dos sedimentos continentais presentes no recôncavo da Guanabara. Assim a Formação Macacu foi inicialmente subdividida em duas unidades denominadas camadas Pré Macacu e Formação Macacu de idades paleogênica e pliopleistocênica respectivamente (MEIS; AMADOR, 1974, 1977; AMADOR, 1980). Mais tarde, Dalcolmo et al. (1982) reuniram as duas camadas em uma única, a Formação Barreiras, por entender que a Camada Pré-Macacu e a Formação Macacu ocupavam o intervalo estratigráfico na formação de mesmo nome. Lima et al. (1996) ao identificar tanto linhitos como palinórfos de idade eocênica a oligocênica e ao caracterizar o controle tectônico atuante na região reuniram estas camadas na Formação Macacu. De acordo com estes autores, a Formação Macacu é constituída por um sistema deposicional de leques aluviais na base, fluvial entrelaçado na porção intermediária e fluvial meandrante no topo com camadas de linhito. Ferrari (2001) concorda com Lima et al. (1996) no sentido de conceber a Formação Macacu como uma unidade litoestratigráfica única, formada por leques aluviais com depósitos lacustres na base.

Outro clássico trabalho sobre a Formação Macacu foi o estudo de Almeida et al. (1976) dedicado a investigar a tectônica que afeta a região. Para Almeida et al. (1976) a existência de similaridades tectônicas e sedimentológicas permite correlacionar os depósitos da Formação Macacu com depósitos presentes nas bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende, Volta Redonda e São José denominadas “bacias tafrogênicas terciárias do sudeste do Brasil”. Ainda sob o viés tectono sedimentar Riccomini (1989), propôs que as bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda evoluíram de uma única bacia no conjunto de bacias continentais pertencente ao agora denominado *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB). Ferrari (2001) em continuidade às pesquisas previamente realizadas nas demais bacias do RCSB detalhou as fácies e as associações de fácies que preenchem a Bacia do Macacu propondo informalmente os membros Rio Vargem (lacustre), Porto das Caixas (leques aluviais e canais fluviais entrelaçados com afogamentos episódicos), e; Conglomerado Itambí

(relacionado a um ambiente de canais fluviais entrelaçados).

Apesar da evolução no conhecimento sobre a Bacia do Macacu e da significativa importância verificada na distribuição sedimentar dos depósitos argilosos e arenoargilosos na bacia de mesmo nome, não existe até o presente momento a ênfase ao estudo dos minerais de argila do ponto de vista estratigráfico. Portanto apesar da ampla evolução em torno do conhecimento faciológico, das associações de fácies e do controle tectônico e paleoambiental atuante nesta bacia, boa parte do conhecimento mais recente sobre estes depósitos advém do estudo de Ferrari (2001). Deste modo, a proposta aqui definida pretende ampliar o estado de arte das facies sedimentares e dos processos responsáveis por suageração em parte da Formação Macacu e, por outro, lado, associar este conhecimento faciológico, com a mineralogia de argilas buscando identificar as mudanças ambientais e climáticas ocorridas localmente.

A partir da análise faciológica dos sedimentos da Formação Macacu presentes em Itambí, RJ é possível confirmar a existência de quatro distintos ambientes: (A) Lacustre; (B) Leques aluviais; (C) Fluvial Entrelaçado com afogamentos episódicos, e; (D) Fluvial Entrelaçado.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada envolveu a coleta de amostras em campo e considerou aspectos como: composição mineralógica, granulação, seleção dos grãos, estruturas sedimentares, coloração e geometria das camadas.

Em laboratório realizou-se a separação das classes granulométricas utilizando técnicas convencionais de peneiramento para distinção das frações maiores que areia, e pipetagem, para a separação das frações silte e argila. Além disso, parte das amostras foi caracterizada petrograficamente através da análise de lâminas delgadas. A fração argila foi identificada através das técnicas de microscopia eletrônica de varredura e difração de raios X.

O difratômetro de raios X utilizado foi o equipamento Bruker-AXS D5005 equipado com espelho de Goebel para feixe paralelo de raios X, nas seguintes condições de operação: radiação $\text{Co K}\alpha$ (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de $0,02^\circ$ 2θ por passo com tempo de contagem de 1,0 segundo por passo e coletados de 5 a 80° 2θ . A interpretação qualitativa de espectro foi efetuada por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 1996) em software Bruker Diffraction^{Plus}. Para análise de microscopia eletrônica de varredura foi utilizado o equipamento EVO MA10 (fabricante ZEISS) com o intuito de visualizar

as interações entre elétrons de baixa energia e elétrons secundários produzidos por uma coleção conveniente de sinais convertidos e representado por um raio cátodo em uma tela de TV (Postek et al., 1980). O preparo das amostras envolveu a metalização das amostras com 35 mA durante 4 minutos em exposição formando 0,2 Nn de Au (ouro).

RESULTADOS

Análises das litofácies

Lamito Arenoso laminado (LAI): A área aflorante da fácies Lamito Arenoso laminado estende-se por pouco mais de 1 km² e dista aproximadamente 4,5 km a NE da Rodovia Rio-Teresópolis no ponto 1 (Figura 1). A geometria tabular constitui característica recorrente tanto nos depósitos laminados como na fácies de lamitos maciços sublinhados por uma significativa concentração de grãos de areia (Figura 2).

A fácies LAI apresenta majoritariamente minerais do grupo da esmectita e caulinita na fração argila. Ao observar a maior intensidade de pico a $\sim 7^\circ 2\theta$, foi reconhecido o predomínio da esmectita sucedida por picos secundários de

caulinita, haloisita e quartzo (Figura 3). As observações através de MEV indicam que localmente a fácies LAI é constituída de agregados finos. O exame detalhado em microscópio eletrônico revela ainda que estas partículas são de contorno fundamentalmente constituído por lamelas irregular típicas de esmectita (Figura 4).

Lamito arenoso maciço (LAM): A fácies Lamito Arenoso maciço apresenta intervalo de 1m em boa parte dos afloramentos observados principalmente no ponto 2 (Figura 1). Esta fácies é formada por estratos de porte médio (30 a 50cm), coloração avermelhada a arroxeadada e matriz siltoargilosa (Figura 5). Estes estratos possuem caráter erosivo com intraclastos argilosos concentrados em sua base. Localmente esta fácies apresenta coloração secundária ocasionada por alteração de feldspato. A maturidade textural verificada nestes depósitos foi identificada tanto pela seleção moderada a bem selecionada como pela presença de grãos subarredondados predominantemente quartzosos. A fração argila constitui-se por esmectita identificada no afloramento Barreiro Vila Nova 2 e apresenta pico de intensidade 2θ de $7,04^\circ$. Localmente a esmectita como mineral principal é sucedida por caulinita (Figura 5).

Figura 2: (A) Elevada concentração de lamitos de coloração esverdeada, Ponto Vila Nova 1, Região de Itambá (UTM: 712515/7482946; datum WGS 1984, fuso 23). (B) Fácies Lamito laminado. Legenda: : Lama: argila e silte, AF: areia fina e muito fina, AG: areia grossa e média e Cascalho: grânulos e seixos (B)

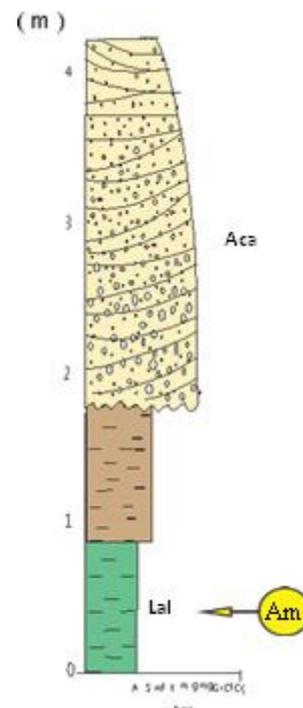
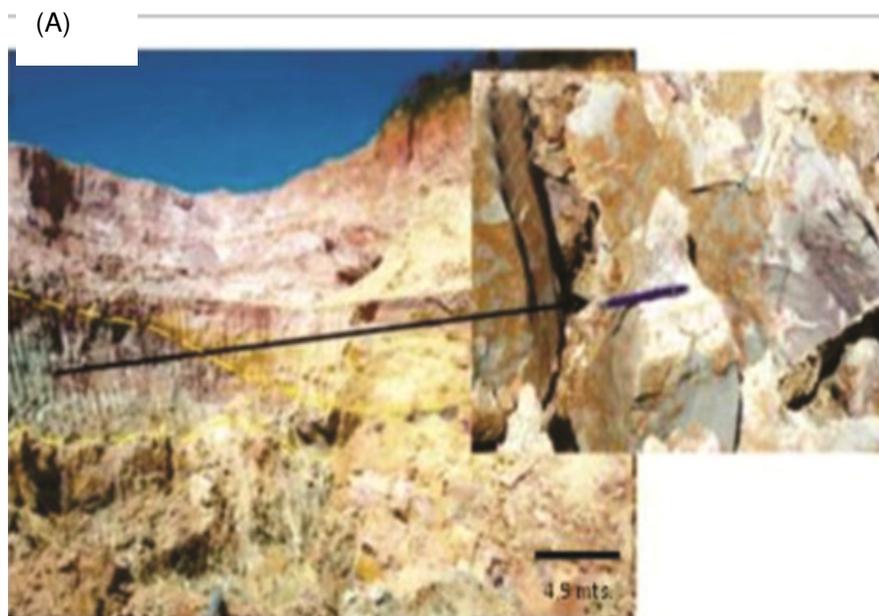


Figura 3: Difratoograma de raios X da fração argila da fácies LAI Co K α (35kV/40 mA). Variada ocorrência de argilominerais como esmectita e caulinita (respectivamente M e C)

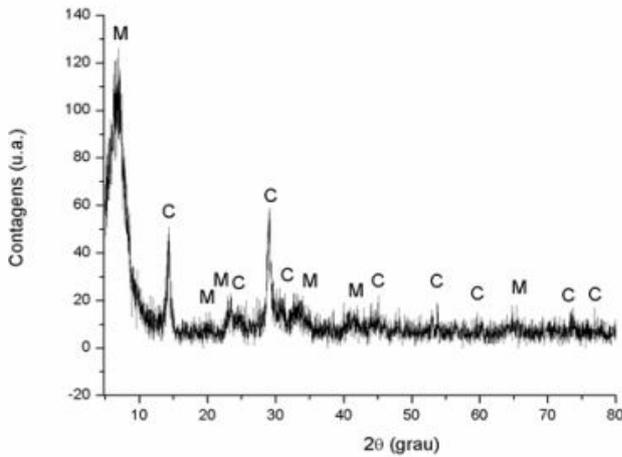


Figura 4: Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração argila da fácies Lal, Elétrons secundários; (A) Visão ampla da amostra; (B) Seleção de área para visualização em detalhe da amostra e; (C) Esmectita de contorno lamelar

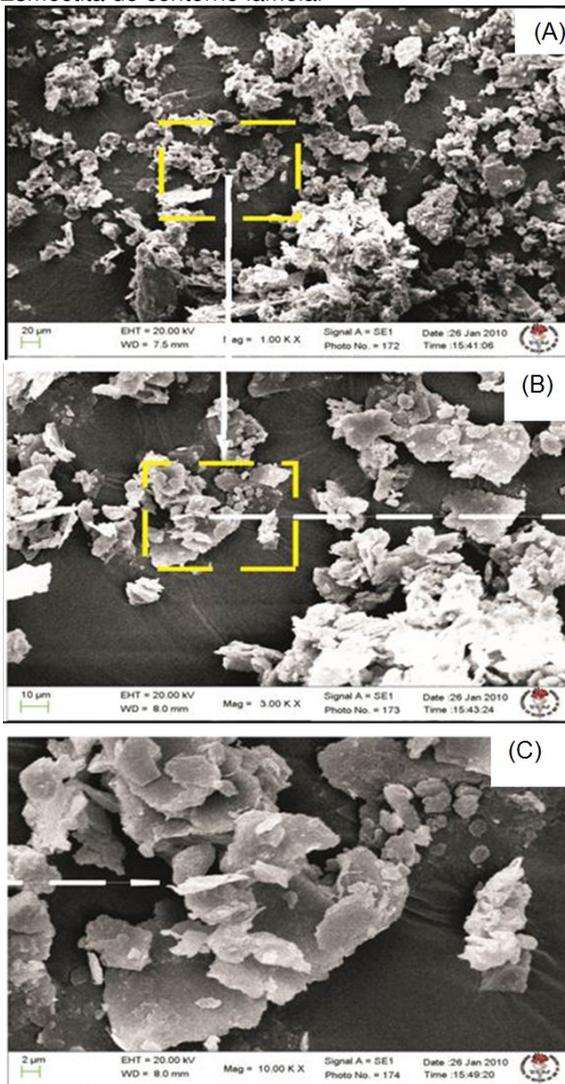
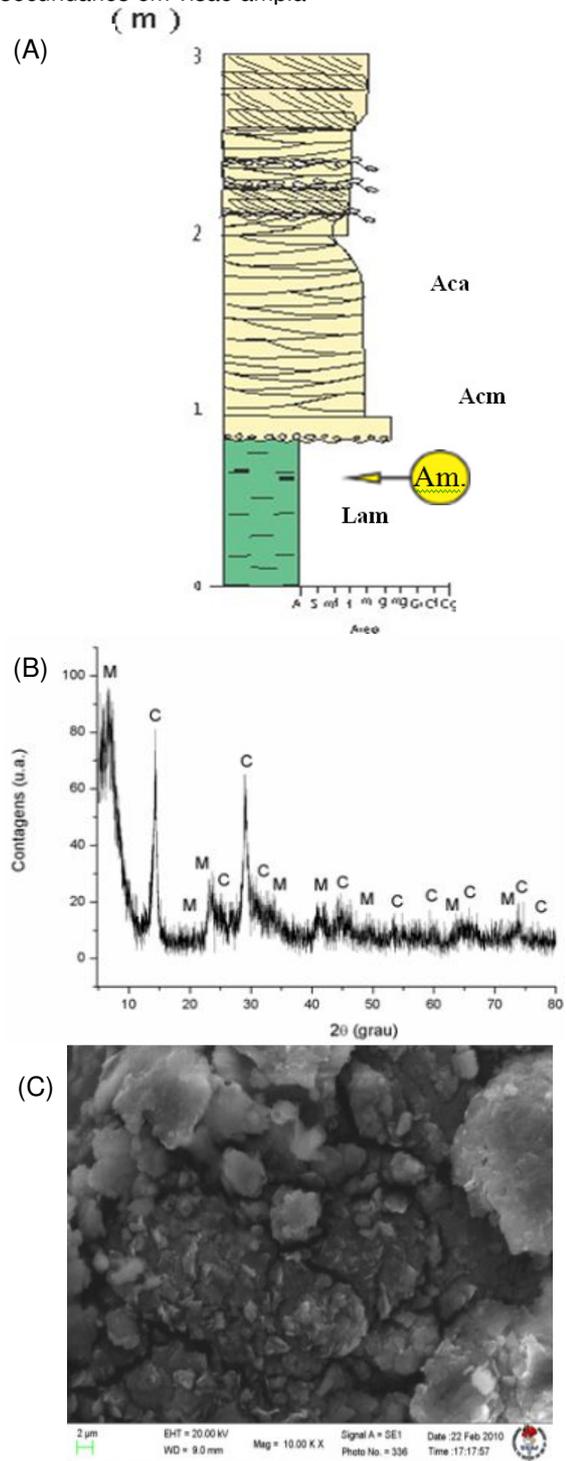


Figura 5: (A) Perfil constituído por sucessões sedimentares de caráter aluvial relacionada à Formação Macacu Fácies LAm. Lamito Arenoso maciço em discordância com a Fácies ACm LAmitoarenoso maciço, ponto Lagos, Itambí (UTM: 712818/7482911, fuso 23, WGS 1984); legenda: : Lam: argila e silte, AF: areia fina e muito fina, AG: areia grossa e média e Cascalho: grânulos e seixos.. (B) Difratoograma de raios X da fração argila da fácies LAm Co K α (35kV/40 mA). Diversidade de ocorrência dos minerais de argila, como esmectita e caulinita. (C) Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila da fácies LAm, Elétrons secundários em visão ampla



Arenito com estratificação cruzada acanalada (Aca): A fácies arenito cruzado acanalado observada principalmente no ponto 3 (Figura 1) é constituída por grãos de areia média a grossa com minerais composicionalmente quartzosos e feldspáticos. Constituintes micáceos estão presentes em menores proporções. A espessura nestes pacotes varia de métrica a pouco mais de 3 m, e apresenta ainda granodecrescência ascendente e estratificação acanalada de pequeno porte. Próximo ao topo ocorre arenito grosso a muito grosso e conglomerados de quartzo. Esta fácies apresenta ainda coloração amarelada e estruturas multicanaladas e associa-se a depósitos sub-maturos devido à presença restrita de feldspato e mica com predomínio do primeiro em grãos subarredondados bastante intemperizados (Fig. 6).

A fácies Aca possui elevada concentração de componentes siltoargilosos e conglomerados de composição quartzosa. Diferente dos lamitos esmetcíticos da porção basal da Formação Macacu (Figura 7) a fração argila presente na fácies Aca (amostras 1 e 2-Figura 6) apresenta caulinita como o principal argilomineral. Os argilominerais de Aca caracterizam-se pela quantidade de agregados de contorno irregular. Além de predominante nos intervalos da fácies Aca, a caulinita apresenta morfologia semelhante a camadas de morfologia

esfoliada. A dimensão de grande parte destes grãos é $< 2 \mu\text{m}$ (Figura 7).

Arenito seixoso maciço (Asm): A fácies Arenito seixoso maciço identificada principalmente no ponto 4 - Itambí 1 (Figura 1) desenvolve estrato de porte médio com aproximadamente 2 (dois) metros de espessura e areia média a fina dispostas em acamadamento maciço com geometria lenticular descontínua desta fácies descontínua (Figura 8).

A matriz constituída por argila detrítica apresenta caulinita como principal argilomineral. Através de microscopia eletrônica de varredura observou-se a presença de caulinita com variações em sua textura que exhibe desde agregados até partículas esparsamente distribuídas com aproximadamente $6 \mu\text{m}$ (Figura 9).

Em lâmina petrográfica a amostra correspondente a fácies ASm apresenta poros alargados gerados provavelmente pela dissolução de feldspato potássico (porosidade secundária). Estes poros estão associados a ocorrência de argila preenchendo-os total ou parcialmente (Figura 10). De modo contrário, os grãos de quartzo (Qtz) exibem boa preservação, enquanto o feldspato se destaca pela acentuada caulinitização. A microscopia petrográfica da fácies ASm demonstra ainda que a quantidade de feldspato parece ter sido equivalente a proporção de quartzo. Assim a fácies ASm constitui um arcósio (FOLK, 1974).

Figura 6: (A) Perfil sedimentológico no ponto 3- Lagos na localidade de Morada do Sol. Legenda: Lama: argila e silte, AF: areia fina e muito fina, AG: areia grossa e média e Cascalho: grânulos e seixos (B) Afloramento da seção constituído principalmente pela fácies Aca. Ponto Lagos (UTM: 714963/7484997, datum WGS 1984, Fuso 23)

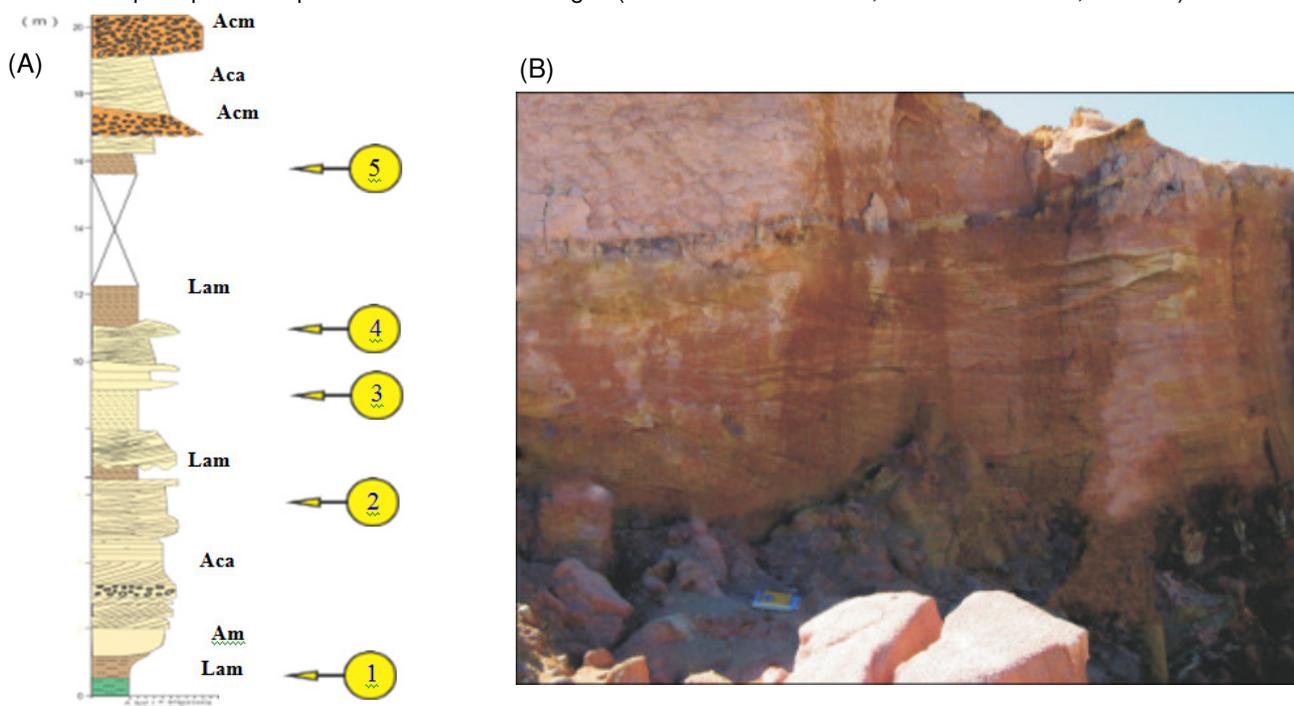


Figura 7: (A) Difratogramas de raios X da fração argila das amostras 1 a 5 e que correspondem às amostras apresentadas na Figura 6, Co K α (35kV/40 mA). Identificação de montmorillonita seguido de caulinita como o principal mineral em 3 e 4 seguido de montmorillonita (respectivamente representados como C e M). (B e C) Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração argila da fácies Aca. Elétrons secundários em visão geral

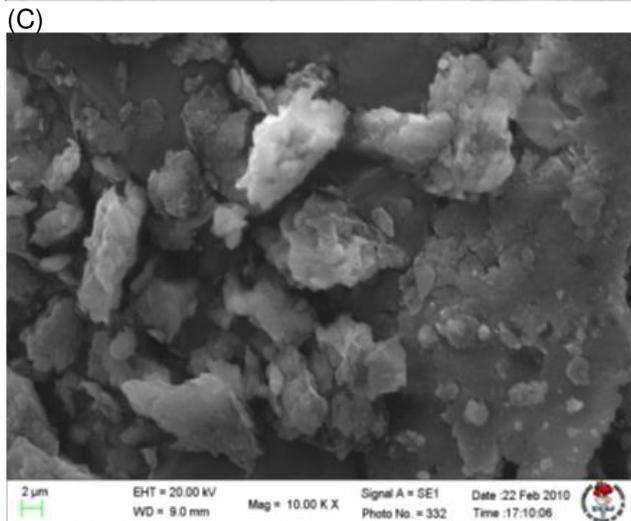
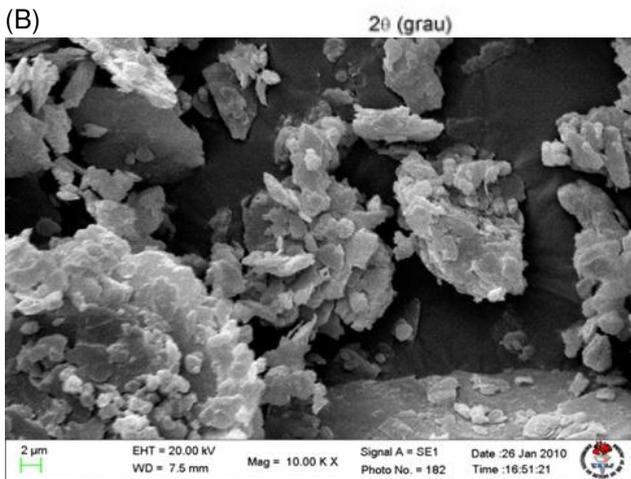
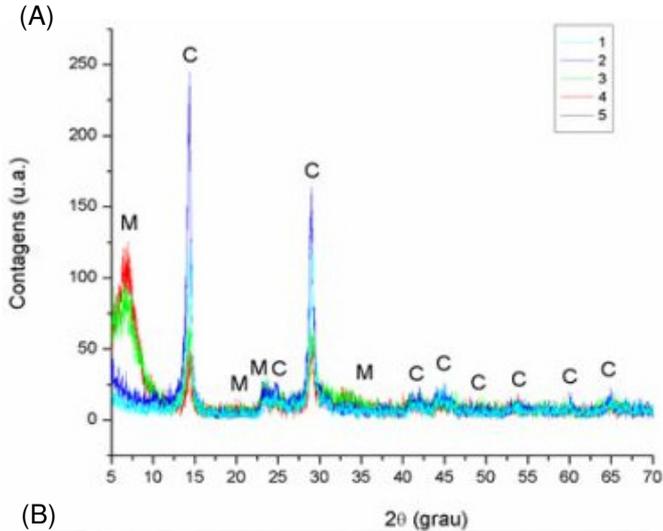


Figura 8: (A) Perfil sedimentológico da Fácies Asm. Área de coleta da amostra, Ponto Itambí 1- Itambí (UTM: 711465/7484330, datum WGS 1984, fuso 23). (B) Difratograma de raios X da fração argila da fácies Asm, Co K α (35kV/40 mA). Minerais de argila do grupo das caulinitas

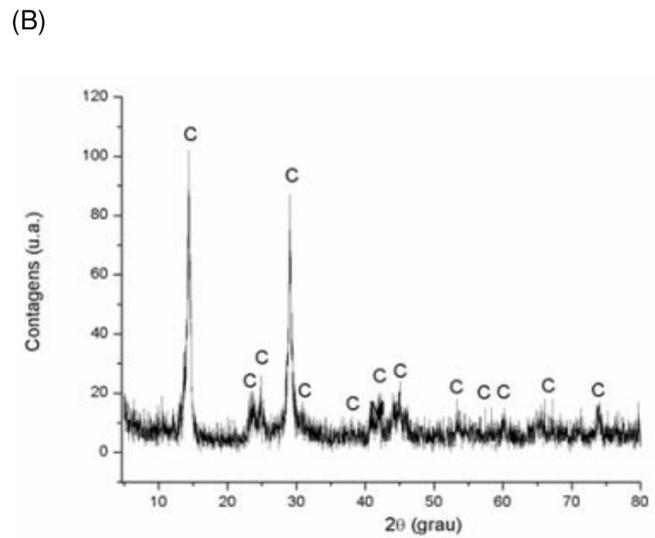
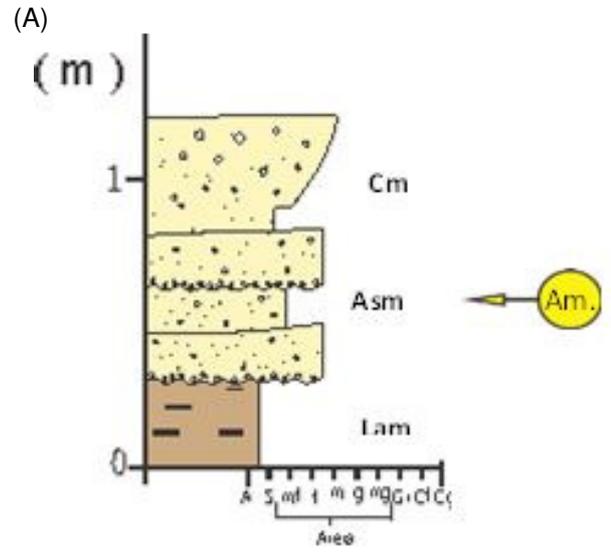


Figura 9: Imagem com menor foco em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de partículas agregadas de caulinita, à esquerda. À direita, em detalhe obtidas por MEV da fração argila da fácies ASm. Elétrons secundários em visão geral

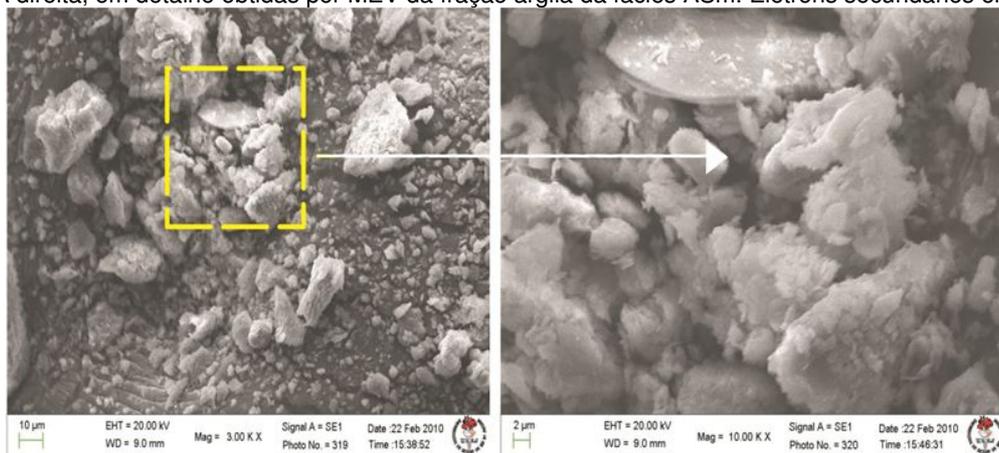
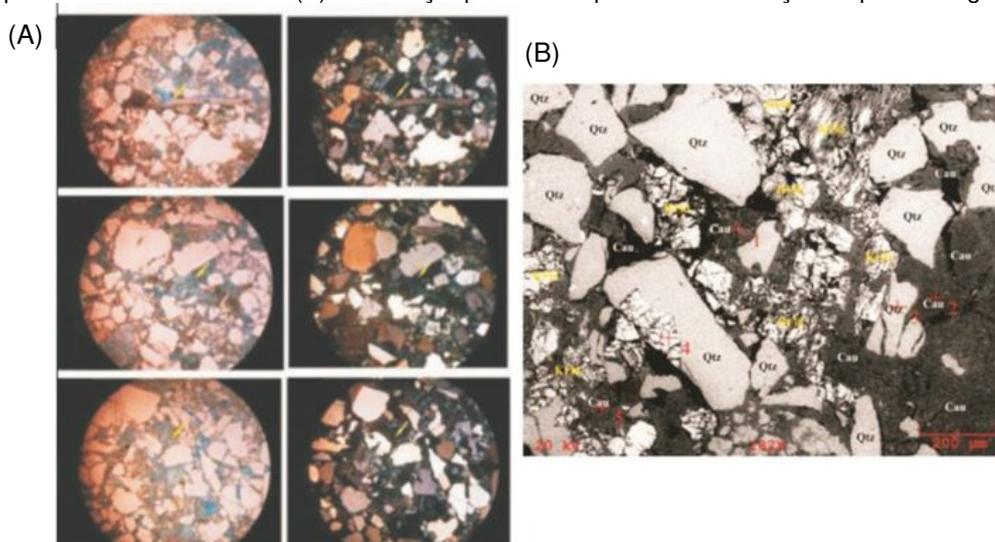


Figura 10: (A) Fotomicrografias de lâmina petrográfica obtida da Fácies Asm. Elevada proporção de feldspatos potássicos parcialmente caulinizados. (B) Arcabouço quartzo feldspático e identificação de poros alargados e muscovita



Arenito conglomerático com intraclastos lamíticos (Aci): A fácies Arenito conglomerático com intraclastos lamíticos amplamente identificada no ponto 5 (Figura 1) possui em geral aspecto maciço, e areia grossa a muito grossa. Os intraclastos siltoargilosos encontrados dispersos nos estratos dessa fácies apresentam distintas dimensões, desde poucos centímetros até cerca de 30 cm de diâmetro (Figura 11).

O difratograma de raios X da fração argila da fácies Aci apresenta pico intenso na região a $14,44^\circ$ e $29^\circ 2\theta$ onde predominam caulinita e, secundariamente, haloisita ($10,38^\circ 2\theta$) e quartzo. O predomínio de caulinita observada por meio de microscopia eletrônica de varredura reforça o caráter filossilicático desta amostra constituída por partículas de até 3 μm . Estas partículas exibem morfologia subarredondada a subangular de 3 μm

a 8 μm e tendência de agregação no arranjo dos grãos de caulinita, haloisita e quartzo (Figura 12).

Fácies Arenito Conglomerático maciço (ACm): A fácies Arenito Conglomerático Maciço é caracterizada por arenito grosso a muito grosso, conglomerático, com matriz siltoargilosa de coloração amarelo avermelhada, constituída ainda por pacotes de espessura métrica intensamente mosqueada amplamente distribuídos no ponto 6 (Figura 1). Os estratos dessa fácies apresentam geometria lenticular com clastos conglomeráticos predominantemente quartzosos e de até 5 cm de diâmetro. A base do perfil é caracterizada por matriz siltoargilosa e preservação de grânulos e seixos ascendentemente substituídos por areia muito grossa. Este estrato possui ainda caráter caulínico e coloração esbranquiçada (Figura 13).

Figura 11: (A) Fácies Aci constituída por clastos silto-argilosos de até 30 cm a. (B) Perfil de canal fluvial conglomerático do Grupo Itambí, Ponto Itambí 2 (UTM: 711465/7484330, datum WGS 1984, Fuso 23). Legenda: Lama: argila e silte, AF: areia fina e muito fina, AG: areia grossa e média e Cascalho: grânulos e seixos

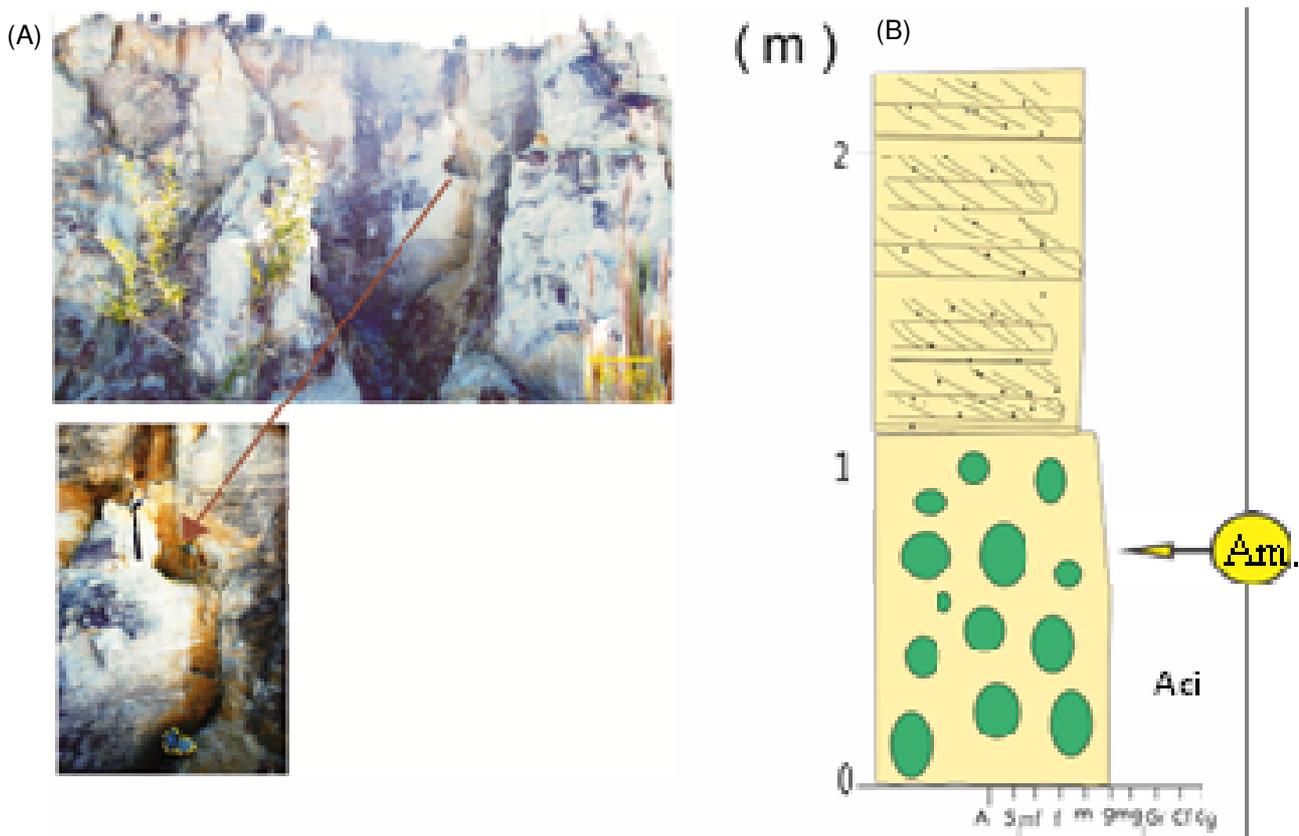
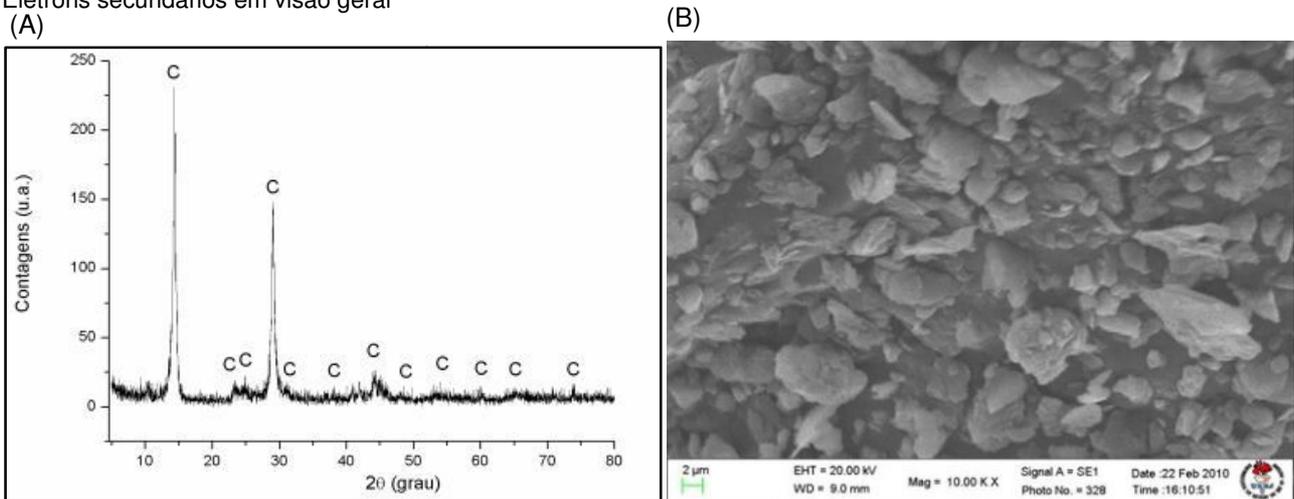


Figura 12: (A) Difratoograma de raios X da fração argila da fácies Aci, Co K α (35kV/40 mA). Predomínio de caulinita como principal grupo argilomineral. (B) Imagem geral obtida por microscopia eletrônica de varredura da fração argila. Elétrons secundários em visão geral



A fácies ACm apresentou ainda expressivo teor de cascalho (73,6%), o mais elevado dentre as amostras estudadas. A composição mineralógica da matriz possui correspondência com as amostras descritas anteriormente nas fácies Aci, Asm e Aca por apresentar predomínio de caulinita. As imagens

obtidas por microscópio eletrônico de varredura exibem agregados de caulinita, organizados em folhas empilhadas. Em detalhe, estes agregados distribuem se esparsamente e são constituídos por pequenas placas pseudo- hexagonais (Figura 14).

Figura 13: (A) Afloramento da fácies ACm. Correspondente ao canal fluvial conglomerático do Grupo Itambí. À direita perfil sedimentológico da fácies ACm Itambí, Ponto Itambí 3 (UTM: 711465/7484330, datum WGS 1984, Fuso 23).
 Legenda: Lama: argila e silte, AF: areia fina e muito fina, AG: areia grossa e média e Cascalho: grânulos e seixos

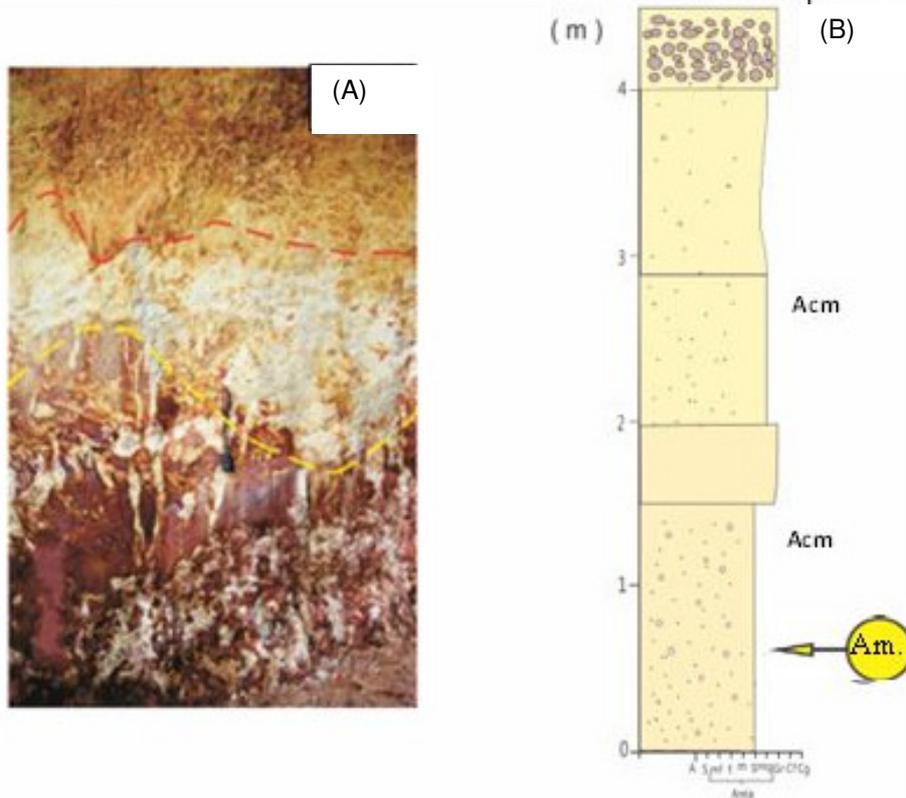
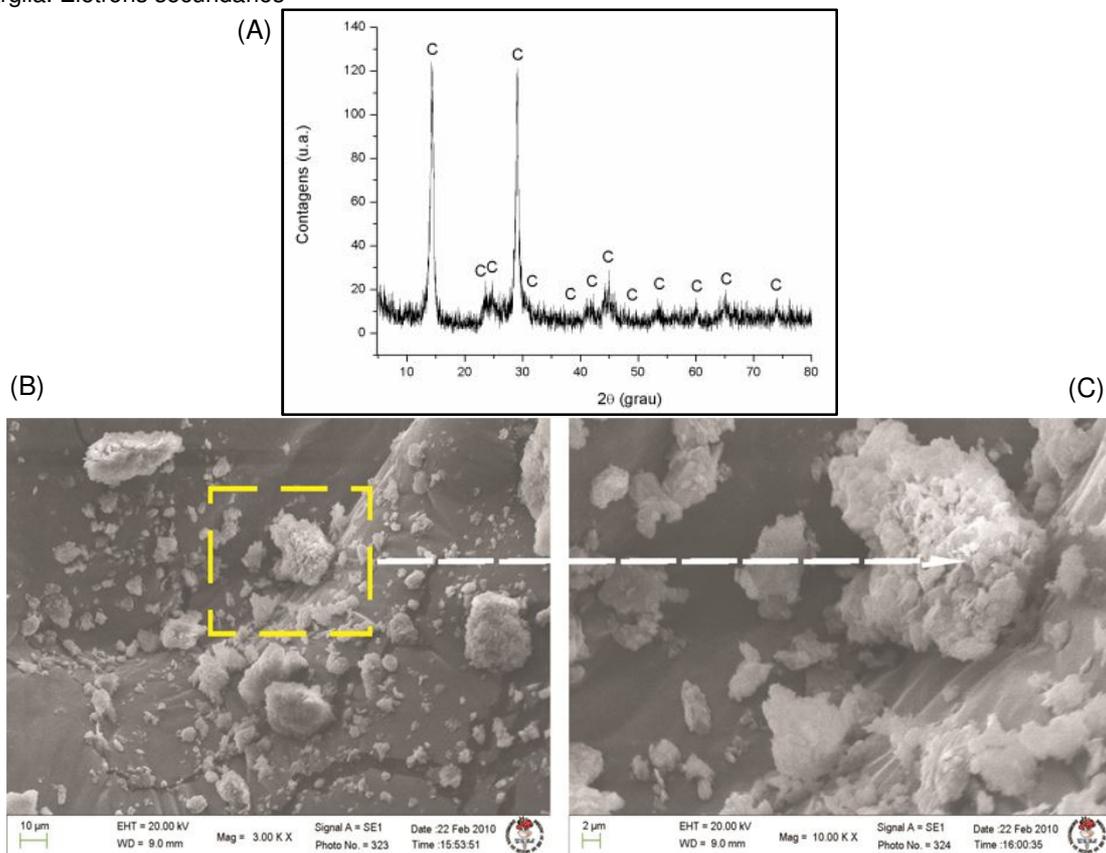


Figura 14: (A) Difratoograma de raios X da fração argila da fácies ACm, Co K α (35kV/40 mA). Predomínio de caulinita como principal argilomineral. (B e C) Imagem geral e em detalhe obtidas por microscopia eletrônica de varredura da fração argila. Elétrons secundários



DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

A significativa variabilidade vertical das fácies ao longo dos perfis sedimentares a conformação interna relativamente constante e a distribuição dos argilominerais revelam controle ambiental atuante nos depósitos sedimentares estudados nesta porção da Bacia do Macacu. Esta interpretação é favorecida pela frequência de fácies de lamitos situadas em grande parte na base dos perfis estudados. O processo deposicional interpretado aponta para um provável cenário deposicional constituído por uma fase aluvial que se desenvolveu na depressão da Bacia do Macacu.

Nesses depósitos aluviais são identificadas tanto fácies típicas de sistema fluvial entrelaçado (*braided*) mais característico, como depósitos de sistema de leques aluviais. A partir da análise dessas fácies foi possível organizá-las em distintas associações de fácies interpretadas conforme os ambientes sedimentares característicos, cada qual auxiliada pelos argilominerais identificados (Quadro 1 e Figura 15). Neste sentido a mineralogia da fração argila foi caracterizada e relacionada a cada uma das associações de fácies e aos processos nela atuantes.

Associação de Fácies A – Lacustre

A Associação de fácies A ocupa o nível inferior da seção da Formação Macacu na região de Itambí e apresenta e sua constituição faciológica está relacionada a presença de LAI e LAm. Nas poucas localidades em que foi observada, foi identificada uma única camada de aproximadamente 1 metro de espessura, composta por lamito siltoargiloso, está associada a arenito fino a muito fino, constituído por acamamento maciço a incipientemente estratificado e de coloração esverdeada.

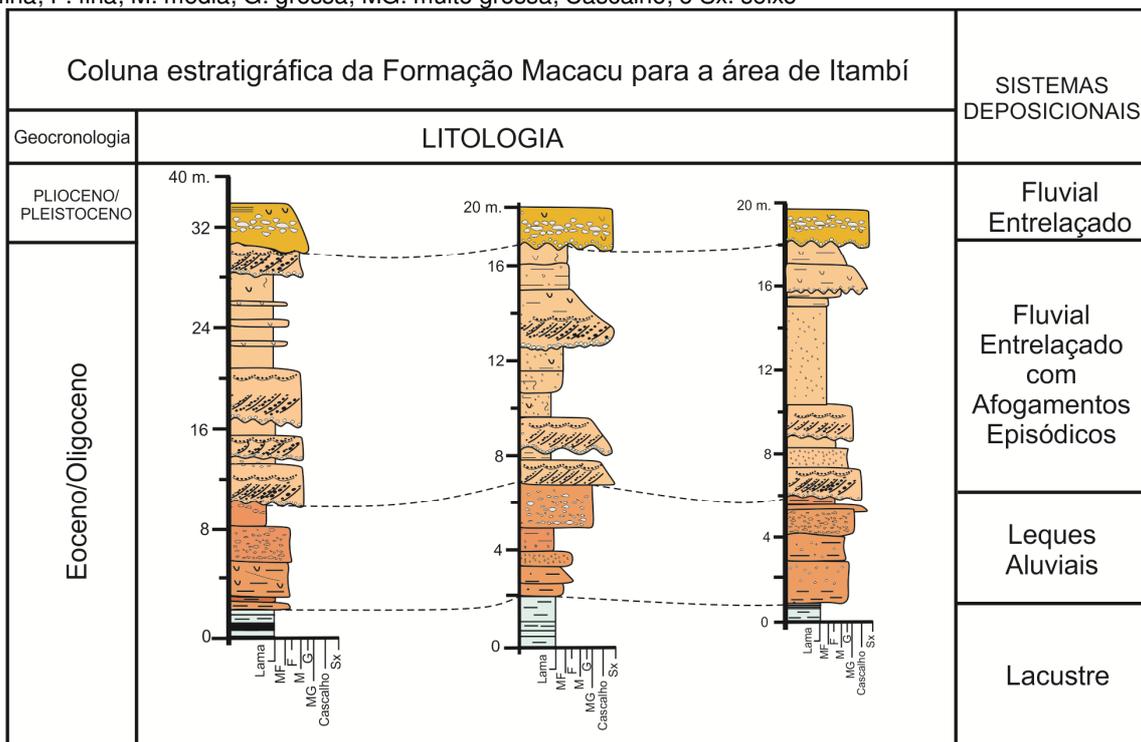
Associação de Fácies B - Leques Aluviais

O predomínio de lamitos e arenitos com acamamento maciço é indicativo da presença de fluxos gravitacionais de alta viscosidade e revelam o desenvolvimento de fluxos de lama e de detritos (*mudflow/debrisflow*) relacionados ao transporte em região de encostas abruptas. Estas teriam promovido o surgimento de fluxos erosivos rápidos (*run-off*) e erosivos (Collinson, 1986). A alta viscosidade dos fluxos de detritos inibiu a seleção destes depósitos e, paralelamente, a força da matriz garantiu a inércia do movimento favorecendo o transporte de granulometrias maiores para áreas distais da fonte supridora de sedimentos.

Quadro 1: Análise de fácies e argilominerais identificados na Formação Macacu em Itambí, Itaboraí, RJ

Fácies	Fácies	Descrição	Interpretação	Argilominerais identificados
A	LAI	Intervalos tabulares e lenticulares lateralmente extensos de lamitos arenosos por vezes laminados	Lacustre	Esmectita, haloisita e caulinita.
	LAm	Estratos tabulares e lenticulares lateralmente extensos de lamitos arenosos maciços		
B	LAI	Estratos lenticulares e tabulares de lamitos arenosos laminados	Leque Aluvial	Esmectita, haloisita e caulinita
	LAm	Estratos lenticulares e tabulares de lamitos arenosos laminados		
	Aca	Estratos tabulares de arenito com estratificação cruzada acanalada		
	Aci	Estratos lenticulares de arenito com intraclastos lamíticos por vezes maciços ou com estratificação incipiente		
	ACm	Estratos lenticulares de arenito conglomerático maciço		
C	LAm, Aca e Asm	Estratos lenticulares tabulares de lamitos arenosos laminados; Estratos tabulares de arenito com estratificação cruzada acanalada; e Estratos de arenito maciços com seixos dispersos em matriz fina	Fluvial Entrelaçado	Caulinita e haloisita
	ACi	Estratos característicos de gradação normal e geometria lenticular. Nestes estratos predominam clastos de quartzo de até 5 cm de diâmetro.		
D	Aca e ACm	Estratos tabulares de arenito com estratificação cruzada acanalada e Estratos lenticulares de arenito conglomerático maciço	Sistema Fluvial Entrelaçado comelevada fração cascalho.	Caulinita e haloisita

Figura 15: Colunas estratigráficas da Bacia do Macacu na área de Itambí. Colunas da esquerda para a direita modificadas de Ferrai (2001), Caldas (apud Gonçalves, 2004) e Percilio (2010). Legenda: Lama: silte argila; MF: areia muito fina; F: fina; M: média; G: grossa; MG: muito grossa; Cascalho; e Sx: seixo



Deste modo os seixos e cascalhoscarreados juntamente com os fluxos desenvolvidos inicialmente, propiciaram a geração de depósitos pobremente selecionados como os seixos e cascalhos da fácies Acm. Assim, nas porções proximais, prevalecem as fácies mais grossas, representadas pelas fácies de conglomerados maciços ou estratificadas, com gradação normal ou inversa, enquanto nas porções medianas e distais dos leques ocorrem tanto arenitos finos e sedimentos lamíticos, da fácies LAm, LAI, como os conglomerados maciços, estratificados ou os seixos maciços que compõem a fácies ASm.

Associação de Fácies C - Sistema Fluvial Entrelaçado

Esses conglomerados intraformacionais, podem desenvolver pacotes de até 1 m de espessura, sendo constituídos por depósitos da fácies Lamito Arenoso laminado, indicando retrabalhamento por correntes erosivas no contexto da dinâmica fluvial. A geometria das estruturas canalizadas é indicativa de paleocanal associado a fluxos trativos de alta energia.

O sistema de canal fluvial está presente em grande parte das fácies identificadas. A interpretação assumida para estes depósitos é de sistemas de canal entrelaçado constatado por sucessivos ciclos de afinamento ascendente, litologia majoritariamente constituída por arenito grosso ou conglomerático (fácies Aca e ASm), presença de estratificação cruzada acanalada e depósitos de areia de fundo de canal.

Associação de Fácies D - Sistema Fluvial Entrelaçado: Fácies Cascalhoso

Ocupa a porção superior na Formação Macacu na área de Itambí. Estes conglomerados de quartzo apresentam geometria externa de corpos conglomeráticos relativamente horizontais, indicativo de transporte de grãos deslocados por fluidos de alta velocidade e viscosidade, típicos de *debris flow*. A laminação plano-paralela desta associação de fácies indica atuação de eventos com forte inundação, resultante de um processo deposicional com regime de fluxo torrencial. Esta associação de fácies é interpretada como depósito de fluxo em lençol (Bourquin *et al.* 2009).

Os conglomerados de quartzo da fácies Arenito conglomerático maciço são caracterizados pelo predomínio de corpos maciços e imbricação de seixos. Constituem o resultado da atuação de canais entrelaçados com forte incidência de cascalho.

Significado paleoambiental da distribuição dos argilominerais

Argilominerais detríticos foram amplamente observados nas fácies analisadas sendo representados pelas montmorillonitas de bordas arqueadas (Figura 4). Suguio (1965), em estudo sobre a Bacia de Taubaté atribuiu a predominância de esmectitas ou caulinita nos sedimentos às condições locais que prevaleciam no ambiente para a formação dos minerais presentes. Riccomini *et al.* (1996b) ao estudar o significado paleo-

ambiental para a presença dos argilominerais no Sudeste do Brasil afirma que as esmectitas do Grupo Taubaté possuem origem vinculada às rochas do embasamento e as mesmas estiveram condicionadas aos fatores climáticos semi áridos predominantes na época. Esta teoria reduz a influência da litologia da área fonte. De modo contrário, ressalta que os produtos de alteração foram homogeneizados em escala regional podendo ser responsáveis pela geração de espessos intervalos de paleossolos durante o Eoceno Inferior a Médio. Assim a partir dos paleossolos do paleolago Tremembé teriam sido gerados pacotes de lamitos identificados nos depósitos da Formação Resende presentes no interior da Bacia de Taubaté em contexto paleogeográfico acidentado e fortemente influenciado pela tectônica atuante no Eoceno Superior (RICCOMINI et al., 1996b.). Segundo Riccomini et al. (1996b), condições climáticas semi-áridas teriam sido freqüentes e ocorreram de modo relativamente constante no Sudeste do Brasil durante o Eoceno Superior ao Oligoceno. Assim sugerimos que as mesmas condições climáticas também seriam responsáveis pela geração de depósitos de argilominerais da porção basal (sistema lacustre) da Formação Macacu, amplamente constituídos por esmectita. Esta hipótese é reforçada por Lima et al. (1996) que dataram os depósitos Formação Macacu como pertencente ao final do Eoceno, época também reconhecida em escala global por sua aridez (e.g. FRAKES et al., 1994). Além de esmectita, outros argilominerais contribuem para a diversidade mineralógica dos depósitos da Formação Macacu como, por exemplo, a caulinita e haloisita, a primeira distribuída amplamente em placas grandes e subarredondadas (Figuras 6, 7, 9,12 e 14). A caulinita torna-se desta forma cada vez mais frequente em todas as seções pesquisadas e na medida em que se aproxima o topo da Formação Macacu. Isto significa que houve importante mudança de clima quente e seco, posteriormente alterados para clima mais úmido e menos quente durante a fase de deposição. Deste modo, favoreceram a formação de leques aluviais e posteriormente canais fluviais entrelaçados de leitos arenosos desta unidade no Oligoceno Superior em concordância com o modelo de canal entrelaçado desenvolvido por Ferrari (2001). Entretanto a mudança de clima mais quente e seco para temperaturas mais amenas e maiores índices de pluviosidade não ocorreu de modo imediato e sem nuances. Esta mudança climática ocorreu, segundo Pomerol e Premoli (1986), de forma gradual com alternâncias paleoclimáticas entre fases de pequenas durações em evento de resfriamento. Provavelmente assim como ocorreu com os depósitos das formações Resende e São Paulo na Bacia de Taubaté, a concentração de caulinitas detríticas verificadas somente no topo da

Formação Macacu é justificada pelo resfriamento climático que ocorreu no cenário eocênico oligocênico no Sudeste do Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações estratigráfico/faciológicas, a confecção de seções colunares, o detalhamento petrográfico e mineralógico em lâminas petrográficas, e difração de raios X (DRX) em litotipos da Formação Macacu, permitiram delinear as seguintes conclusões:

- em termos texturais, os sedimentos que ocorrem na região de Itambí apresentaram bimodalidade ou polimodalidade com modas contínuas. Além disso, foram caracterizadas elevadas quantidades de assimetrias positiva e negativa, bem como constatou-se que as fácies analisadas caracterizam-se por uma baixa seleção granulométrica, indicando características de depósitos sub maturated;
- sob o ponto de vista mineralógico, os argilominerais mostram um amplo predomínio do grupo caulinita e esmectita;
- em quatro das treze amostras analisadas observou-se a presença de esmectita, identificada em argilas esverdeadas e laminadas economicamente importantes a indústria cerâmica;
- a sedimentação ocorreu sob clima semi-árido que limitou o desenvolvimento de vigorosos canais fluviais.

Por outro lado, o sistema fluvial entrelaçado da Formação Macacu, com sedimentos majoritariamente cauliniticos, aponta para significativa mudança climática com aumento da umidade e temperaturas menos quentes no Oligoceno Superior, sugerindo condições paleoambientais bastante semelhantes à tendência geral à época.

Portanto, os parâmetros aplicados forneceram subsídios importantes tanto para a identificação dos sistemas deposicionais atuantes na área estudada, as alterações climáticas identificadas pela variação dos argilominerais existentes.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado durante o período em que este trabalho foi desenvolvido. Ao Laboratório de Paleontologia e Estratigrafia (LPE-UERJ) pelos materiais e equipamentos disponibilizados. Ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI) pela realização das análises de difração de raios X.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. The System of continental rifts bordering: The Santos Basin. **Academia Brasileira de Ciências**, n. 58, p. 15-26, 1976.
- AMADOR, E. S. Unidades sedimentares cenozóicas do Recôncavo da Baía de Guanabara (Folhas Petrópolis-Itaboraí). **Academia Brasileira de Ciências**, n. 52, p. 744-761, 1980.
- BOURQUIN, S.; GUILLOCHEAU F.; PÉRON, S. Braided Rivers within an arid alluvial plain (example from the Lower Triassic, western German Basin): Recognition criteria and expression of stratigraphic cycles. **The Journal of the International Associations of Sedimentology**, n. 56, p. 235-269, 2009.
- CAMPOS, M. C. Causas geográficas do desenvolvimento das olarias na Baixada da Guanabara, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 2, p. 123-151, 1955.
- COLLINSON, J. D. Alluvial sediments. In: READING, H.G. (ed.) **Sedimentary Environment and Facies**. Blackwell Scientific, 1986.p. 20-62,.
- COSTA, F. O. **Associação entre a Formação Macacu e a sedimentação cenozóica na margem continental adjacente ao gráben da Guanabara, RJ**. 2005. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Marinha) - Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.
- DALCOLMO, M. T.; FERRARI, A. L.; MELLO, E. F.; VAZ, M. A. A.; BRENNER, T. L.; SILVA, V. P.; NASSAR, W. M. **Bloco Baía de Guanabara, folhas: Itaboraí, Baía de Guanabara, Maricá e Saquarema**. Relatório Final. GEOMITEC - DRM/RJ, Niterói, 1982.
- FERRARI, A. L. **Evolução tectônica do gráben da Guanabara**. 2001. 412 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- FOLK, R.L. **Petrology of sedimentary rocks**. Austin: Hemphill Publishing, 1974. 184 p.
- FRAKES, L.A.; FRANGIS, J. E.; SYKTUS J. I. (Coord.). **Climate modes of the Phanerozoic**. Glasgow: Cambridge Press, 1994. 274 p.
- FREITAS, M. V. **Hartt: expedições pelo Brasil imperial**. São Paulo: Metalivro, 1878 p., 2001.
- GONÇALVES, R. L. M. **Definição da espessura do pacote sedimentar de estruturas geológicas através da modelagem de mapas e perfis magnéticos na região de Itambí, Bacia do Macacu, RJ**. 2001. 74 f. Monografia (Texto de Conclusão de Curso de Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- LIMA, R. M.; JUNIOR, M. C.; STEFANI, F. L. Palinologia de sedimentos da Formação Macacu, Terciário do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n. 68, p. 531-541, 1996.
- MEIS, M.R. M.; AMADOR, E.S. Note on Weathered Arkosic Beds. **Journal of Petrology**, n. 44, p. 727-737, 1974.
- MEIS, M. R. M.; AMADOR, E. S. Contribuição ao estudo do Neocenoico da Baixada da Guanabara: Formação Macacu. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 7, p. 124-150, 1977.
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA, COMÉRCIO E INDÚSTRIA DO JAPÃO. Serviço de Aeronáutica e Administração Espacial (NASA). ASTER Global Elevation Model (ASTER GDEM), DEM. Versão, 2011. Disponível em: <gdem.ersdac.jspacesystems>. Acesso em: 24 maio 2012.
- MORAIS, R. O.; MELLO, C. L.; COSTA, F. O.; SANTOS, P. F. Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos depósitos da Formação Barreiras no estado do Rio de Janeiro. **Geologia USP. Série Científica**, n.2, p. 1-9, 2006.
- POMEROL, C.; PREMOLI, I. S. (Coord.). **Terminal Eocene Events. Developments in Paleontology and Stratigraphy**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 414 p.
- POSTEK, M. T. et al. **Scanning Electron Microscopy: a Student's Handbook**. LaddResearch Industries, 1980.
- RICCOMINI, C. COIMBRA, A.M. SANT'ANNA, L. NETO, M.B. VALARELLI, J. V. Argilominerais do paleolito Tremembé e sistemas deposicionais relacionados. (Paleógeno, Rift Continental do Sudeste do Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 26, p. 167-180, 1996b.
- RICCOMINI, C. COIMBRA, A.M. SANT'ANNA, L.G. Paleogene Paleoclimates in Southeastern Brazil: Evidence from Clay Minerals. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF GEOLOGY, 2., 1996a, Pequim, China. **Resumo Expandido**. Pequim, 1996a, p.172.
- RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil**. 1989. 256 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, São Paulo, 1989.
- SF.23-Z-B-IV COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. Coordenação Geral de Geologia e Recursos Minerais. RJ_lito.zip. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <GEOBANK.SA.CPRM.GOV.BR/>. Acesso em: 24 de maio de 2012.
- SUGUIO, K. **Contribuição à geologia da bacia de Taubaté, Vale do Paraíba, Estado de São Paulo**. 1969. 106 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1969.