

COLÓQUIO ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM REGIÕES
TROPICAIS. S.Paulo, vol. 1, 113-120, 1978

TEMA I

FORMAÇÃO BAURU (CRETÁCEO SUPERIOR) E AS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS DO PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA

FORMATION BAURU (CRÉTACE SUPÉRIEUR) ET LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DU PLATEAU OCCIDENTAL DE L'ETAT DE SÃO PAULO

K. SUGUIO (*)

V.J. FILIFARO (*)

Resumo

As formações superficiais ligadas à área de ocorrência da Formação Bauru constituem um registro de importantes eventos morfoclimáticos e tectônicos pós-cretáceos.

Os recentes estudos litoestratigráficos da Formação Bauru introduziram novos conhecimentos úteis para a compreensão da natureza das formações superficiais e dos solos desenvolvidos sobre o Planalto Ocidental Paulista.

Résumé

Les formations superficielles de la région d'occurrence de la Formation Bauru forment un registre des importants événements morphoclimatiques et tectoniques post-Crétacé.

Les récentes études lithostratigraphiques de la Formation Bauru ont introduit de nouvelles connaissances utiles pour comprendre la nature des formations superficielles et des sols développés sur le plateau occidental de São Paulo.

INTRODUÇÃO

Conforme é de uso corrente nos últimos anos, as formações superficiais "sensu latu" abrangem materiais de origem aluvionar, eluvionar, coluvionar ou mista (por exemplo, alúvio-coluvionar) de idade neocenozoica. Não obstante sua reduzida espessura, não ultrapassando algumas dezenas de metros, constituem registros de importantes eventos morfoclimáticos e tectônicos pós-cretáceos.

Contribuições recentes no sentido da melhor elucidação da coluna estratigráfica do Cenozoico Paulista, embora ainda precariamente estabelecida, compreendem

(*) Departamento de Paleontologia e Estratigrafia - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Caixa Postal, 20 899 - São Paulo - Brasil.

dendo as chamadas formações superficiais, constituem os trabalhos de LANDIM *et al.* (1974) e FULFARO & SUGUIO (1974).

Com os sedimentos cretáceos da Formação Bauru terminou a fase de extensa de posição na área planáltina do Sudeste Brasileiro. Depois do Cretáceo todos os registros preservados nessa área são de idades mais recentes do que o Mioceno (FULFARO & SUGUIO, op. cit., Tab. 1). Estes autores propuseram uma classificação para os sedimentos cenozoicos baseada na evolução tectônica e paleogeográfica, reconhecendo quatro tipos de depósitos de planalto:

a) Depósitos de areias e colúvios de espião

Essas formações superficiais estão distribuídas predominantemente nos atuais divisores de água, sendo dificilmente reconhecidas quando não há um cascalho basal. São sedimentos sempre muito mal estruturados, freqüentemente confundidos com solos residuais por pouco se diferenciarem do material de alteração "in situ" das rochas regionais, denotando com isso um transporte muito curto. Quase sempre apresentam um nível constituído de cascalhos com seixos de quartzito e calcedônia na base, ou então, formado por fragmentos de limonita retrabalhada.

b) Depósitos associados às calhas fluviais

São depósitos constituídos de sedimentos arenosos, freqüentemente areias de granulação média, situados nas calhas ou próximos aos canais fluviais atuais. Muitos autores têm descrito depósitos desse tipo, que recebem nomes locais, tais como, Formação Rio Claro, Formação São Paulo, etc. Entre os principais trabalhos que versam sobre esses depósitos podem ser citados os de ALMEIDA (1955), BJORNBERG & LANDIM (1966), FULFARO & SUGUIO (1968), SUGUIO (1969), LANDIM & FULFARO (1971) e ARID & BARCH (1971).

São sedimentos freqüentemente associados a mecanismos de barramento da drenagem por soleiras basálticas ou de rochas cristalinas precambrianas, associadas ou não a fenômenos tectônicos. Em geral devem ter prevalecido condições de clima úmido e a deposição ocorreu em ambiente fluvial ou flúvio-lacustre.

c) Cascalheiras constituídas predominantemente por seixos de quartzo e quartzito

São depósitos com distribuição localizada ao longo das calhas de grandes rios como o Paraná, Paranapanema, Grande e Tietê. Esses depósitos, constituídos predominantemente por seixos de quartzo e quartzito e, secundariamente por calcedônia; foram descritas por GUIDICINI & SILVA (1972) e por GUIDICINI (1973). Ao longo do rio Paraná apresentam-se bastante elevadas em relação ao nível atual do rio e de montante para jusante vão progressivamente afastando-se da calha atual, podendo ocorrer a distâncias superiores a 50 km.

Os tamanhos dos seixos variam de montante para jusante, no entanto, nunca são menores que 1 cm ao longo do eixo maior. Estratificações cruzadas de grande porte estão presentes com grande freqüência, atestando a alta energia do meio de transporte.

Estão sem dúvida relacionadas às drenagens pretéritas dos grandes rios em um regime de diferente nível de base e diferente energia de transporte em relação à situação atual desses rios.

d) Cascalheiras constituídas predominantemente por seixos de calcedônia

Descritas também por GUIDICINI & SILVA (op.cit.), ocorrem em situação estratigráficamente superior nas partes mais baixas dos vales fluviais dos grandes rios e, diferentemente das anteriores, também ao longo de seus afluentes. São constituídas por seixos de ágata, arenito silicificado, quartzo e quartzito retrabalhados do ciclo prévio. As características impressas nesses sedimentos revelam uma deposição em canal fluvial com energia semelhante a do atual rio Paraná, que mostra depósitos semelhantes na sua calha atual. A diferença de cota nos afloramentos desses depósitos em relação à calha dos rios atuais indica também um diferente nível de base.

Das formações superficiais acima descritas, os depósitos de areias e colúvios de espião estão diretamente relacionados à Formação Bauru. Distribuem-se praticamente na mesma área de ocorrência da Formação Bauru, a qual recobrem sem aparente discordância. O arcabouço tectônico presente na deposição desses sedimentos cenozóicos foi ainda o mesmo que comandou a deposição da formação precedente. O clima reinante teria sido semi-árido propiciando a deposição em regime torrencial em zona de quebra de relevo ao pé de elevações regionais, daí decorrendo a sua maior expressão ao norte da sub-bacia, na margem setentrional, a partir das elevações do Cristalino na região do Arco de Canastra.

COTTAS (1977), ao discutir a idade desses depósitos na região norte do Estado, atribui a sua origem a um retrabalhamento de sedimentos anteriores (Formação Bauru e sedimentos do Terciário Inferior), o que confere uma idade mais jovem, concordando com CARVALHO (1976), que tem a mesma opinião para a região de Marília. Ambos os autores, no entanto, ressaltam a semelhança entre o material detritílico desses depósitos superficiais e os sedimentos da Formação Bauru.

Esta íntima relação existente entre os depósitos de areias e colúvios de espião com a Formação Bauru e os recentes avanços nos estudos da estratigrafia da Formação Bauru (SUGUIO, 1973; MEZZALIRA, 1974; COIMBRA, 1976; SUGUIO *et al.*, 1977 e BRANDT NETO, 1977) devem ser utilizados futuramente no sentido da elucidação das causas que condicionam as possíveis variações nas propriedades texturais e mineralógicas das formações superficiais e dos seus solos.

ESTRATIGRAFIA E AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO DA FORMAÇÃO BAURU

O ambiente continental flúvio-lacustre dos sedimentos da Formação Bauru atraiu acentuada descontinuidade lateral aos termos litológicos, emprestando-lhes um caráter lenticular. Este fato tem dificultado os estudos estratigráficos da Formação Bauru e, então, várias subdivisões têm sido propostas para os seus sedimentos (SETZER, 1948; ALMEIDA & BARBOSA, 1953; FREITAS, 1955 e 1964), e outros.

Salvo diferenças em escala de detalhe, os autores que têm estudado os pro-

blemas estratigráficos da Formação Bauru, nos últimos anos, têm sido, mais ou menos unâimes em reconhecer uma divisão tripartida da Formação Bauru.

SUGUIO *et al.* (1977), tiveram ocasião de executar um mapeamento geológico de uma área de cerca de 70 000 km², predominantemente ocupada pela Formação Bauru, compreendendo as regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo. Durante este trabalho foi definida a subdivisão da Formação Bauru nas seguintes litofácies: Araçatuba, São José do Rio Preto e Marília, tomando emprestados os nomes das cidades em cujas vizinhanças essas litofácies se acham mais conspicuamente desenvolvidas.

A) Caracterização das litofácies

As litofácies foram muito bem caracterizadas pelos critérios fotogeológicos e sedimentológicos. Os mapas fotogeológicos na escala 1:250 000 foram obtidos pela utilização de cópias em papel dos canais 5 e 7 das imagens multiespectrais do satélite LANDSAT, que mostraram melhor eficiência para as finalidades do projeto, permitindo mapear as unidades litofaciológicas. As características sedimentológicas foram calculadas a partir dos parâmetros de FOLK & WARD (1957).

a) Litofácie Araçatuba - A litofácie Araçatuba caracteriza-se por baixa densidade de drenagem, uso de solo para pecuária, relevo plano e tonalidade clara, tanto no canal 5 como no canal 7.

Foram analisadas 177 amostras provenientes da Litofácie Araçatuba. O valor médio e o desvio padrão de diâmetro médio para a distribuição total indicaram silte grosso (4,290) com desvio padrão bastante alto (0,82). Os valores médios dos outros parâmetros indicaram serem materiais pobemente selecionados ($\sigma_I = 1,990$), com assimetria muito positiva ($Sk_I = 0,48$) e com distribuição leptocúrtica ($K_G = 1,31$).

b) Litofácie São José do Rio Preto - A litofácie São José do Rio Preto apresenta maior densidade de drenagem, intenso uso agrícola do solo, relevo coliniforme e tonalidade clara nos canais 5 e 7.

Foram analisadas 181 amostras provenientes desta litofácie, que indicaram para valor médio e desvio padrão de diâmetro médio da distribuição total materiais entre silte grosso e areia muito fina (4,060) e desvio padrão alto (0,80). Os valores médios dos outros parâmetros indicaram serem sedimentos pobemente selecionados ($\sigma_I = 1,900$), com assimetria muito positiva ($Sk_I = 0,51$) e distribuição leptocúrtica ($K_G = 1,35$).

c) Litofácie Marília - A litofácie Marília caracteriza-se por relevo muito mais acentuado, geralmente com escarpas bem delineadas, elevada densidade de drenagem, cobertura vegetal mais densa, o que resulta em tonalidades mais escuras nos canais 5 e 7.

Este estudo abrangeu uma área muito pequena desta litofácie, de modo que apenas 15 amostras foram analisadas. Porém, este número já foi suficiente para mostrar acentuadas diferenças com as litofácies precedentes. O valor médio e o desvio padrão do diâmetro médio indicaram areia muito fina (3,350) e com desvio padrão ainda mais ou menos alto (0,56), porém bem menor do que das litofácies anteriores, indicando menor

variabilidade das características granulométricas. Os valores médios dos outros parâmetros indicaram serem materiais muito pobramente selecionados ($\sigma_I = 2,120$), com assimetria muito positiva ($Sk_I = 0,53$) e com distribuição leptocúrtica ($K_G = 1,20$).

CARVALHO (1976), embora concordando com FULFARO & SUGUIO (1974) sobre a semelhança do material superficial e os solos residuais do Arenito Bauru (Litofácies Marília), postula um capeamento de sedimentos modernos por sobre os platôs de Marília e seus congêneres em Echaporã e Monte Alto. Em geral, um depósito superficial pouco espesso de origem coluvionar recobre tanto os sedimentos modernos como os produtos de alteração do Arenito Bauru.

B) Síntese dos caracteres sedimentológicos

Os parâmetros granulométricos indicaram, de um modo geral, uma tendência para variação sistemática permitindo distinguir as diferentes litofácies. Embora o diâmetro médio permaneça entre silte grosso e areia muito fina, indicando que as três litofácies são de granulação bastante fina, os valores absolutos das médias indicam um aumento na granulação a partir da Litofácies Araçatuba para São José do Rio Preto e finalmente Marília. Os graus de seleção indicam que os sedimentos da Formação Bauru são sempre pobre a muito pobramente selecionados, sendo ainda a melhor selecionada a Litofácies São José do Rio Preto. Os graus de assimetria indicaram sempre materiais com assimetria muito positiva, sugerindo tratarem-se de materiais pior selecionados na parte mais fina da distribuição. A curtose exibiu valores muito similares nas três litofácies.

A porcentagem de $CaCO_3$ na fração areno-argilosa das amostras não indicou qualquer tendência regional de distribuição, porém, de um modo geral, a Litofácies Marília é bem mais rica, ocorrendo o $CaCO_3$ particularmente na forma de nódulos.

Um fato importante é que essas diferenças de características sedimentológicas são suficientes para apresentarem diferentes comportamentos à erosão, de modo que elas se manifestam por expressões geomorfológicas distintas definindo padrões fotogeológicos mapeáveis.

C) Ambientes de sedimentação das litofácies

As três litofácies representam conjuntos de sedimentos cujas propriedades médias representam comportamentos distintos em resposta à energia deposicional do ambiente de deposição. Naturalmente muitas microfácies estão presentes dentro desses conjuntos.

A Litofácies Araçatuba seria representativa de ambiente deposicional de menor energia, formado pela predominância de lagos rasos, com origem relacionada às próprias irregularidades do embasamento pré-Bauru, principalmente basáltico.

A Litofácies São José do Rio Preto, relativamente rica em estruturas hidrodinâmicas (estratificações cruzadas e marcas onduladas), indicativas de maior energia, seria formada por um sistema fluvial onde teriam predominado rios de maior porte que os da fase anterior.

A progressiva diminuição de umidade e a instalação de um ciclo semi-árido, le-

vou à deposição de sedimentos de regime torrencial, em condições de alta energia (sistema fluvial anastomosado). Neste ambiente instalaram-se pavimentos detriticos com cimentação carbonática e lagos efêmeros com precipitação química e bioquímica (algas calcárias) de calcário (Ponte Alta, MG). Essas características definem a Litoformação Marília.

Embora essas litofácies não permitam um empilhamento segundo uma sucessão vertical, pois mostram nítidas características de interdigitação, elas parecem representar a própria evolução da "Bacia Bauru", associada a mudanças de condições energéticas de meio de deposição e do clima, que começando pela predominância de ambiente de baixa energia em clima mais ou menos seco (Litoformação Araçatuba), passou por uma fase mais úmida de ambientes deposicionais de maior energia (Litoformação São José do Rio Preto), atingindo as condições de deposição da Litoformação Marília, caracterizada pela presença de lentes conglomeráticas, próximas a altos regionais ou na borda, e pela presença de nódulos carbonáticos a que SUGUIO (1973) atribuiu significado de clima semi-árido.

DEPÓSITOS DE AREIAS E COLOVÍOS DE ESPIGÃO E AS LITOFORMAÇÕES BAURU

A íntima associação genética existente entre essas formações superficiais e o arcabouço sedimentar da Formação Bauru faz com que qualquer avanço no conhecimento litoestratigráfico da Formação Bauru venha a favor da melhor compreensão das características dessas formações superficiais.

Como essas unidades litofaciológicas são suficientemente diferenciadas para permitirem o seu mapeamento, através de imagens de satélite, qualquer estudo futuro das formações superficiais deste tipo deve considerar esses aspectos. Além disso, a compreensão das relações estratigráficas e sedimentológicas entre a Formação Bauru e as formações superficiais diretamente associadas deve auxiliar na melhor interpretação das causas das distribuições dos diferentes tipos de solos no planalto ocidental paulista.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. - 1955 - As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira - Bol. Soc. Bras. Geol., 4(2): 23-40, São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M. & O. BARBOSA - 1953 - Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. DNPM/DGM, Bol. 143: 96 p., Rio de Janeiro.
- ARID, F.M. & S.F. PARÇA - 1971 - Sedimentos neocenozóicos no vale do rio Grande (Formação Rio Grande) - Sedimentologia e Pedologia, IGEOG, 2: 1-29, São Paulo.
- BJORNBERG, A.J.S. & P.M.B. LANDIM - 1966 - Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neocenozóico) - Bol. Soc. Bras. Geol. 15(4): 43-67, São Paulo.
- BRANDT NETO, M.; J.K. YAMAMOTO & J. TACHIBANA - 1977 - Sedimentos quaternários associados ao baixo vale do rio Tietê - 1º Simpósio de Geologia Regional (5-7/9/77), SBG/SP, Resumo: p. 28.

- CARVALHO, A. - 1976 - *Solos da região de Marília - Relação entre a pedogênese e a evolução do relevo* - Tese de Doutoramento, Dpto. Geografia, F.F.L.C.H./U.S.P.: 163 p. (inédita).
- COIMBRA, A.M. - 1976 - Arenitos da Formação Bauru: Estudo de áreas-fonte - Dissertação de Mestrado, Inst. Geociências/USP: 60 p. (inédita).
- COTTAS, L.R. - 1977 - Geologia da área de Nuporanga-Batatais, SP - Uma contribuição ao estudo do Cenozóico Paulista - Dissertação de Mestrado, Inst. Geociências/USP: 143 p. (inédita).
- FOLK, R.L. & W.C. WARD - 1957 - Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters - *J. Sediment. Petrol.*, v. 27: 3-27.
- FREITAS, R.O. - 1955 - Sedimentação, estratigrafia e tectônica da Série Bauru - Fac. Fil. Ciênc. Letras/USP, Bol. 194, Geol. nº 14, 179 p., São Paulo.
- FREITAS, R.O. - 1964 - Grupo Bauru - in: *Geologia do Estado de São Paulo*. Inst. Geogr. Geol., Bol. nº 41: 126-147, São Paulo.
- FULFARO, V.J. & K. SUGUIO - 1968 - A Formação Rio Claro (Neocenozóico) e seu ambiente de deposição. Inst. Geogr. Geol., Bol. nº 20: 45-60, São Paulo.
- FULFARO, V.J. & K. SUGUIO - 1974 - O Cenozóico Paulista: gênese e idade. *Anais do XXVIII Congr. Bras. Geol.*, v.3: 91-102, Porto Alegre.
- GUIDICINI, G. - 1973 - Terraços fluviais no interior da Bacia do Alto Paraná. Seminário de Pós-Graduação (disciplina: Sedimentação) do IG/USP: 23 p. (inédito).
- GUIDICINI, G. & R.F. SILVA - 1972 - Sobre a ocorrência de uma extensa bacia de acumulação de sedimentos rudáceos na região de Três Lagoas, Sudeste de Mato Grosso. *Anais do XXVI Congr. Bras. Geol.*, v.1: 155-165, Belém.
- LANDIM, P.M.B. & V.J. FULFARO - 1971 - Nota sobre a gênese da Formação Caiuá - *Anais do XXV Congr. Bras. Geol.*, v.2: 277-280, São Paulo.
- LANDIM, P.M.B.; P.C. SOARES & V.J. FULFARO - 1974 - Cenozoic deposits in south-central Brazil and the engineering geology. *Proceedings II Int'l. Congress of the Int'l. Assoc. of Eng. Geol.*, v.1: III-11.1 a III-11.7, São Paulo.
- MEZZALIRA, S. - 1974 - Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do Arenito Bauru. Inst. Geogr. Geol., Bol. nº 51: 161 p., São Paulo.
- SETZER, J. - 1948 - Algumas contribuições geológicas dos estudos dos solos realizados no Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geogr.* 10(1): 41-104, Rio de Janeiro.
- SUGUIO, K. - 1969 - Contribuição à geologia da bacia de Taubaté, Vale do Paraíba, Estado de São Paulo. Bol. Esp. Fac. Fil. Ciênc. Letras/USP, 106 p., São Paulo.
- SUGUIO, K. - 1973 - Formação Bauru: calcários e sedimentos detriticos associados. Tese de Livre Docência, Inst. Geociêns. USP, 236 p., (inédita).
- SUGUIO, K.; V.J. FULFARO; G. AMARAL & L. GUIDORZI - 1977 - Comportamentos estratigráficos e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo - 19 Simpósio Regional de Geologia (5-7/9/77), SBG/SP; resumo: p. 27.

TABELA I - FORMAÇÕES SUPERFICIAIS DA SUCESSÃO ESTRATIGRÁFICA DO CENOZOÍCO DO PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA (Seg. FULFARO & SUGUIÓ, 1974)

IDADE	LITOLOGIA PREDOMINANTE E SITUAÇÃO GEOGRÁFICA	AMBIENTE DEPOSIACIONAL E/OU POSSÍVEL CLIMA
PLEISTOCENO	Cascalheiras e linhas de seixos associados a colúvios. Apresentam-se frequentemente em meia-encosta e são o resultado de retrabalhamento de ciclos anteriores	TORRENTIAL Possíveis anternâncias climáticas
	Cascalheiras constituídas predominantemente por seixos de calcedônia, arenitos silicificados, quartzo e quartzo retrabalhados do círculo anterior. Associam-se a esses níveis de cascatação espessos corpos de areia com abundantes estratificações cruzadas. Canal principal e afluentes do rio Paraná	FLUVIAL Clima úmido
	Cascalheiras constituídas predominantemente por seixos de quartzo e secundariamente calcedônia (sítex). Localmente seixos de arenito. Praticamente ausentes os corpos arenosos. Estratificações gradativas e cruzadas nas cascalheiras. Eixo principal da Bacia Hidrográfica do rio Paraná	FLUVIAL Clima úmido
MIOCENO	Areias de granulação média, frequentemente com abundantes estratificações cruzadas e níveis argilosos intercalados. Acham-se situadas, em geral, ao longo das calhas fluviais atuais (Formações Rio Claro, Caiuá, São Paulo, Rio Grande, etc)	FLUVIAL Clima úmido
	Areias e colúvios refletindo a litologia das rochas locais, sem estrutura, assentando-se a solos residuais. Situam-se preferencialmente nos atuais divisores de água	TORRENTIAL Clima semi-árido
CRETACEO SUPERIOR	Formação Baru. Subdividida em três litofácies: Araçatuba, São José do Rio Preto e Marília	EMBASAMENTO REGIONAL FLUVIAL Semi-árido no início e no fim. Úmido no meio