

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 07/04/2019.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas Câmpus de Rio Claro

PATRICIA COLOMBO MESCOLOTTI

SISTEMAS EÓLICOS DA FORMAÇÃO TRÊS BARRAS, CRETÁCEO
DA BACIA SANFRANCISCANA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Mario Luis Assine

Rio Claro - SP

2017

551.303 Mescolotti, Patricia Colombo
M578s Sistemas eólicos da Formação Três Barras, Cretáceo da
 Bacia Sanfranciscana / Patricia Colombo Mescolotti. - Rio
 Claro, 2017
 73 f. : il., figs., tabs., fots., mapas

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
 Instituto de Geociências e Ciências Exatas
 Orientador: Mario Luis Assine

 1.Sedimentação e depósitos. 2. Grupo Areado. 3.
 Paleogeografia. 4. Paleoclimatologia. 5. Paleodeserto. I.
 Título.

PATRICIA COLOMBO MESCOLOTTI

SISTEMAS ÓLICOS DA FORMAÇÃO TRÊS BARRAS, CRETÁCEO DA
BACIA SANFRANCISCANA

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas do
Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho”, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Mario Luis Assine

Prof. Dr. Roberto Salvador Francisco D’Avila

Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

Rio Claro, SP, 07 de abril de 2017

Aos meus pais, meus exemplos.
E ao meu irmão, meu primeiro amigo.

“O Universo, como já foi dito anteriormente, é um lugar desconcertantemente grande, um fato que, para continuar levando uma vida tranquila, a maioria das pessoas tende a ignorar.”

Douglas Adams – Guia dos mochileiros das galáxias

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de mestrado. Aos projetos “Análise Estratigráfica do Andar Alagoas nas Bacias do Araripe, Tucano/Jatobá, Paranaíba e Sanfranciscana” convênio PETROBRÁS/UNESP/FUNDUNESP (0050.0023165.06.4 SAP nº 46.00321584 – CCP nº 1850/10) e “Relações entre Tectônica e Sedimentação em Bacias do Interior do Nordeste do Brasil” convênio PETROBRÁS/UNESP/FUNDUNESP (sigitec processo 2014 – 00519-9), pelo suporte financeiro aos trabalhos de campo.

Ao Prof. Dr. Mario Luis Assine pela orientação e amizade, e por me apoiar na tentativa de compreender a complexa Bacia Sanfranciscana. Pelas ótimas idéias e críticas, que ajudaram tanto no desenvolvimento deste trabalho como no meu crescimento pessoal.

Ao Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren pelas sugestões no texto e pela participação nas campanhas de campo, com boas histórias e ótima gastronomia de campo. Ao Prof. Dr. Francisco Ladeira pela parceria em campo e por me introduzir nos “assuntos obscuros” da paleopedologia.

Aos meus pais, Eduardo e Denise Mescolotti, por serem minhas bases, meus exemplos de pessoa e por sempre serem o meu lar. Ao meu irmão, que sempre se faz presente em minha vida. Aos demais membros da minha família, que me apoiam e incentivam.

Ao geólogo e amigo Filipe Giovanini Varejão pela companhia nas viagens, de campo ou não, pelas discussões e pelas idéias, quase nunca pedidas, mas quase sempre úteis. A todos os integrantes do Laboratório de Estudos do Quaternário (LEQ) por tornarem meus dias mais divertidos e sempre acompanhados de muito café, e em especial à geóloga Michele Andriolli Custódio e ao Dr. Eder Renato Merino, pela companhia e histórias do dia a dia.

Aos integrantes e amigos do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, especialmente aos geólogos Luana Fernandes, Milena Rosa, Lucas Inglês, Juliana Okubo e à engenheira ambiental Fernanda Menin, pela amizade dentro e fora da UNESP, pelas conversas, festas, cafés e discussões sobre absolutamente todos os assuntos.

Ao UNESPetro pela preparação das lâminas petrográficas e pelo espaço e equipamentos cedidos para a descrição das mesmas.

Aos amigos que me acompanharam ao longo desta jornada, especialmente à geóloga Marry Delatorre e às futuras físicas Laura Pozo e Luíza Gualter, pela amizade.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

RESUMO

Campos de dunas podem constituir importantes vestígios de variações paleoclimáticas no registro geológico. Aspectos paleogeográficos, paleoclimáticos e características de circulação atmosférica dos paleodesertos do Cretáceo no Brasil, ainda pouco estudados, apresentam grande potencial no entendimento da evolução de Gondwana. A Formação Três Barras é a unidade superior do Grupo Areado, Cretáceo da Bacia Sanfranciscana, e é constituída predominantemente por sedimentos eólicos depositados no oeste de Gondwana. A análise sedimentológica e estratigráfica revelou a presença de importante superfície de deflação regional limitando dois sistemas eólicos de características faciológicas, diagenéticas e paleoambientais distintas. O sistema inferior é interpretado como depositado em sistema eólico úmido, com campos de dunas, interdunas úmidas e alagadas, lençóis de areia e, ocasionalmente, rios efêmeros. As fácies deste sistema apresentam comumente cimentação em grau variável e a elas estão associados perfis de paleossolos. Pegadas de saurópodes são descritas pela primeira vez em depósitos da Bacia Sanfranciscana. O sistema eólico superior ultrapassou os limites iniciais da bacia e é interpretado como registro sedimentar de sistemas eólicos secos, com predomínio de dunas eólicas e, localmente, interdunas secas. No topo deste sistema existem fácies com deformações sinsedimentares, delimitada por camadas não deformadas, e com ocorrência de *lapilis* e bombas vulcânicas do Grupo Mata da Corda. Os dados de paleocorrentes obtidos para os dois sistemas apresentam padrão unimodal e indicam paleoventos para S-SW. O sistema eólico úmido ocorre interdigitado com os sedimentos de *playa lake* da Formação Quiricó, atestando idades barremiana/apitiana (125 Ma) para o sistema inferior. A ocorrência de bombas no sistema eólico seco sugere idade de sedimentação próxima àquela atribuída às vulcânicas (80 Ma). O contraste nas idades de sedimentação dos sistemas inferior e superior sugere que a superfície de deflação, que limita os dois sistemas, representa uma importante lacuna temporal. As mudanças de umidade nos sistemas eólicos coincidem com os dados regionais continentais de umidade e temperatura para o período, possivelmente refletindo eventos climáticos globais. Os paleoventos dos sistemas eólicos ajustam-se satisfatoriamente aos modelos de paleocirculação globais propostos para o período. Uma célula de alta pressão sobre o protoceano Atlântico parece ter controlado tanto a paleocirculação dos ventos como também influenciado nos índices de umidade da porção oeste de Gondwana durante o Cretáceo, favorecendo precipitação nos oceanos e levando à desertificação dentro dos continentes. A posição estratigráfica do sistema superior, contemporâneo às vulcânicas, assim como suas características faciológicas, diagenéticas e paleoclimáticas corroboram a interpretação deste sistema ser correlato ao Grupo Urucuia.

Palavras-chave: Grupo Areado, paleoageografia, paleoclimatologia, paleodeserto.

ABSTRACT

Aeolian dune fields are humidity-sensitive environments that represent vestiges of important regional palaeoclimatic variations in the geological record. Paleogeographic and atmospheric circulation patterns of palaeodeserts from the Brazilian Cretaceous period are of great potential for understanding the Gondwana evolution during its final rifting stages. The Early Cretaceous Três Barras Formation, Areado Group of the Sanfranciscana Basin, mainly consists of aeolian successions deposited in an ancient palaeodesert developed in the central portion of the western Gondwana. Detailed sedimentological and stratigraphic analysis revealed the presence of an important regional deflation surface limiting two aeolian systems with different faciological, diagenetic and paleoenvironmental signatures. The lower system is interpreted a wet aeolian system with sand dunes, wet and damp interdunes, sand sheets and rare, ephemeral rivers. The facies of this system commonly present cementation in variable degree and to them they are associated paleossolos profiles. Footprints of sauropods are described for the first time in deposits of the Sanfranciscana Basin. The upper aeolian system exceeds the basin's limits and is interpreted as a dry aeolian system, with predominance of dune deposits and dry interdunes. At the top of this system there are facies with sinsedimentary deformations, delimited by non-deformed layers, and with occurrence of lapilis and volcanic bombs of the Mata da Corda Group. Paleocurrent data obtained for these two aeolian systems shows a consistent unimodal pattern and indicates paleowinds towards S-SW. The wet aeolian system is interdigitated with fine-grained sediments from the playa lake of the Quiricó Formation, attesting Barremian/Aptian age (125 Ma) for the lower succession. On the other hand, the association of volcanic bombs with the dry aeolian system suggests a sedimentation age close to that assigned to the effusive alkaline rocks from the Mata da Corda Group (80 Ma). The contrasting sedimentation ages between lower and upper systems suggests that the deflation surface between these units represents a significant temporal gap. Humidity changes in the aeolian systems are consistent with data of paleohumidity and paleotemperature for this period, which reflect a global climatic event. Paleowinds of the aeolian systems are coherent with global paleocirculation models for the Cretaceous. In this period, a high-pressure cell over the Atlantic proto-ocean controlled the paleocirculation, favoring the precipitation in the ocean area and leading to desertification in the inner portion of the western Gondwana. The stratigraphic positioning of the upper system, contemporary to the volcanic, and the faciological, diagenetic and paleoclimatic characteristics corroborate the interpretation of the upper aeolian system be correleated to the Urucuia Group.

Keywords: Areado Group, paleoageography, paleoclimatology, paleodeserts.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
3 MÉTODOS E MEIOS	5
4 CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA	7
4.1 Grupo Areado	7
4.2 Grupo Mata da Corda	11
4.3 Grupo Urucua	12
4.4 Cronoestratigrafia	13
4.5 Evolução tectônica.....	14
5 SISTEMAS EÓLICOS DA FORMAÇÃO TRÊS BARRAS	16
5.1 Sistema eólico inferior	21
5.1.1 Associação de fácies.....	21
5.1.2 Traços fósseis	31
5.1.3 Petrografia e diagênese.....	37
5.1.4 Interpretação paleoambiental	40
5.2 Paleossolos e origem da discordância.....	41
5.3 Sistema eólico superior.....	44
5.3.1 Associação de fácies.....	47
5.3.2 Petrografia e diagênese.....	49
5.3.3 Deformações sinsedimentares e associação com rochas magmáticas.....	50
5.3.4 Interpretação paleoambiental	56
6 CORRELAÇÕES E IMPLICAÇÕES PALEOGEOGRÁFICAS E PALEOCLIMÁTICAS.....	57
7 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Localização da área estudada.....	3
Fig. 2. Carta estratigráfica da Bacia Sanfranciscana	10
Fig. 3. Seção colunar litoestratigráfica esquemática da Bacia Sanfranciscana	11
Fig. 4. Correlação das seções colunares levantadas na Sub-Bacia Abaeté.....	19
Fig. 5. Superfície erosiva.....	20
Fig. 6. Mapa com rosetas de paleoventos do sistema eólico inferior	23
Fig. 7. Bloco diagrama esquemático do sistema eólico inferior.....	23
Fig. 8. Fácies do sistema eólico inferior.....	24
Fig. 9. Fácies do sistema eólico inferior.....	26
Fig. 10. Associações de fácies do sistema eólico inferior.....	27
Fig. 11. Fácies de lençol de areia.....	28
Fig. 12. Associações de fácies do sistema eólico inferior	29
Fig. 13. Paleossolos do sistema inferior.	30
Fig. 14. Traços fósseis da iconofácies Scoyenia.	32
Fig. 15. A: Formação de undertracks	33
Fig. 16. Escavação de uma das pegadas	33
Fig. 17. Morfologia das pegadas fósseis.....	35
Fig. 18. Registro fóssil do Grupo Areado.....	36
Fig. 19. Comparação entre pegada fóssil descrita neste trabalho com pegadas de saurópodes..	37
Fig. 20. Paleodireção da locomoção dos dinossauros	37
Fig. 21. Fotomicrografia dos arenitos do sistema eólico inferior.....	39
Fig. 22. Processos de evolução dos paleossolos cumulic, superimposto e discreto.....	42
Fig. 23. Evolução dos paleossolos poligenéticos	43
Fig. 24. Arenitos do sistema eólico superior.	45
Fig. 25. Mapa com rosetas de paleoventos do sistema eólico superior.	46
Fig. 26. Bloco diagrama esquemático so sistema eólico superior	47
Fig. 27. Sistema eólico superior..	48
Fig. 28. Fotomicrografia dos arenitos do sistema eólico superior.....	49
Fig. 29. Arenitos deformados	51
Fig. 30. Deformações nos arenitos do sistema eólico superior.	52
Fig. 31. Deformações nos arenitos do sistema eólico superior.	53
Fig. 32. Associação do sistema eólico superior e as rochas vulcânicas	55

Fig. 33. Comparação e interpretação da deposição das rochas pertencentes aos sistemas eólicos aqui descritos com as curvas de umidade e de temperatura	59
Fig. 34. Localização dos afloramentos visitados e da seção-colunar levantada do Grupo Urucuia	60
Fig. 35. Arenitos da Fm. Posse, unidade inferior do Grupo Urucuia	61
Fig. 36. Comparação entre as seções do sistema eólico superior e do Grupo Urucuia.	62
Fig. 37. Comparação entre as paleocorrentes e modelos de paleocirculação.....	64

1 INTRODUÇÃO

Depósitos de origem eólica foram expressivos no interior do continente sul-americano durante o Cretáceo. Com a implantação de condições de aridez que imperavam desde o Triássico (Sgarbi e Dardenne, 1997), associadas a soerguimento de altos estruturais durante a abertura do Oceano Atlântico Sul, o surgimento de grandes paleodesertos cretáceos foi favorecido. Como exemplos brasileiros temos os sistemas eólicos dos grupos Botucatu (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo) na Bacia do Paraná, dos grupos Areado (Eocretáceo) e Urucuia (Neocretáceo), da Bacia Sanfranciscana e do Grupo Parecis (Eocretáceo), da Bacia de Parecis (Batezelli & Ladeira, 2016). Neste período sistemas desérticos também se desenvolveram na África sob condições semelhantes, como a Formação Etjo (Neojurássico-Eocretáceo; Bigarella, 1973; Mountney *et al.*, 1999).

O estudo destes paleodesertos pode trazer importantes informações, acerca da paleogeografia e dos padrões de circulação atmosférica, que podem contribuir para o melhor entendimento da evolução do Gondwana durante sua ruptura. Domínios fisiográficos com predomínio de transporte e sedimentação pelo vento são ambientes sensíveis a mudanças de umidade regional, normalmente registrando variações de climas secos e úmidos (Sun & Muhs, 2007). Estes sistemas eólicos podem ser classificados em seco, úmido ou estabilizado, a depender da relação do nível freático com a superfície deposicional (Kocurek & Havholm, 1993). Estudos sedimentológicos e estratigráficos em paleodesertos podem também, dessa forma, trazer importantes informações sobre variações paleoclimáticas.

A Bacia Sanfranciscana é dividida nas sub-bacias Abaeté (sul) e Urucuia (centro-norte), e é composta, da base para o topo, pelos grupos Santa Fé (Permo-Carbonífero), Areado (Eocretáceo), Mata da Corda (Neocretáceo) e Urucuia (Neocretáceo) (Campos & Dardenne, 1997). O Grupo Areado é constituído pelas formações Abaeté, Quiricó e Três Barras, da base para o topo, e aflora na Sub-Bacia Abaeté (Campos & Dardenne, 1997).

A Formação Três Barras, unidade superior do Grupo Areado, é formado predominantemente por depósitos eólicos cretáceos (Campos & Dardenne, 1997). Sua idade de deposição é controversa em decorrência da ausência de fósseis e pela falta de datações absolutas, tornando assim os critérios estratigráficos essenciais na tentativa de posicionar cronoestratigraficamente a unidade. A idade mínima de deposição é dada por estudos bioestratigráficos na Formação Quiricó, sotoposta à Formação Três Barras, que apontam deposição barremiana a aptiana para aquela unidade (Carmo *et al.*, 2004; Arai *et al.*, 1995; Lima, 1979).

Os estudos desenvolvidos nesta pesquisa tiveram como foco a Sub-Bacia Abaeté, com área de aproximadamente 10.600 km², e localiza-se nos arredores dos municípios de Presidente Olegário, Varjão de Minas e João Pinheiro – Minas Gerais (Fig. 1). Abrange as cartas topográficas de Presidente Olegário (Folha SE.23-Y-B-I), Serra das Almas (Folha SE.23-Y-B-II), Carmo do Paranaíba (Folha SE.23-Y-B-IV), Rio do Sono (Folha SE.23-V-D-V) e Canabrava (Folha SE.23-V-D-II). Os principais acessos à área se dão pelas rodovias BR 352, BR 365, BR 354, BR 040, MG 410 e MG 408. Contudo, o acesso a grande parte dos pontos estudados se dá por estradas vicinais em terra. Nesta região afloram unidades predominantemente arenosas, incluindo rochas da Formação Três Barras, com exposições localizadas de vulcânicas alcalinas. Estas rochas conformam relevo de chapadas, cujas escarpas oferecem excelentes exposições dos depósitos cretáceos da Bacia Sanfranciscana.

Também foram realizados estudos nas proximidades da cidade de Chapada Gaúcha, extremo norte de Minas Gerais (Fig. 1). A área abrange as cartas topográficas de São Joaquim (Folha SD.23-Y-D-III) e Córrego Invernada (Folha SD.23-Y-D-II) e o principal acesso a esta área é pela rodovia BR 479, que liga as cidades de Januária e Chapada Gaúcha.

As características da Formação Três Barras, como boas exposições, variabilidade de fácies e espessura considerável, a torna uma unidade de interesse a fim de compreender esta extensa sedimentação eólica cretácea no Gondwana. Esta fase da evolução das bacias intracontinentais brasileiras é ainda pouco compreendida, tanto do ponto de vista paleogeográfico quanto das características paleoclimáticas e de circulação atmosférica. A caracterização dos sistemas eólicos da Formação Três Barras e de suas superfícies limitantes é inédita e certamente contribuirá para reconstituições paleogeográficas e paleoclimáticas do Cretáceo continental do Brasil.

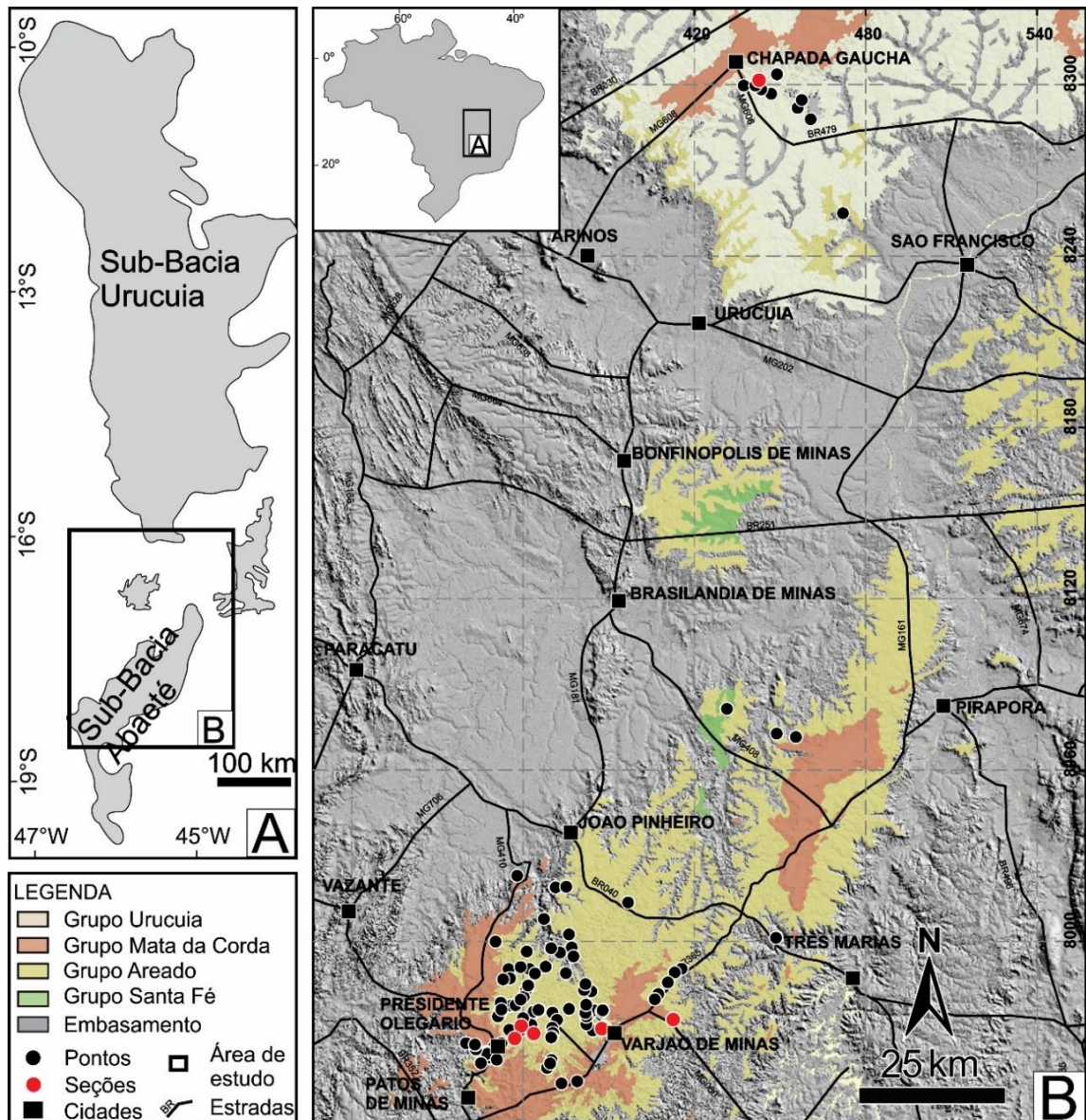


Fig. 1. Localização da área estudada. A: Localização da área de estudo na Bacia Sanfranciscana (bacia em cinza, modificado de CPRM, 2006); B: Detalhe da área de estudo, com as principais estradas e cidades, com a área de ocorrência das unidades geológicas e pontos e seções-colunares levantadas (imagem SRTM com sobreposição das áreas de ocorrência das unidades geológicas conforme mapa CPRM/Brasil ao milionésimo, 2006; Coordenadas UTM, datum WGS84, Zona 23).

7 CONCLUSÃO

Dois sistemas eólicos de características distintas foram reconhecidos neste trabalho, um inferior e outro superior, separados por uma super-superfície de deflação eólica regional. Os sistemas eólicos estudados mostram clara mudança em termos de padrões paleoambientais e de sedimentação, refletindo mudanças nas condições climáticas atuantes na bacia durante sua deposição.

O sistema eólico inferior apresenta grande variação lateral e vertical de fácies, e foi formado em condições de nível freático alto e oscilante. Essa interpretação baseia-se nas associações de fácies de duna, interdunas úmida, interdunas alagada, lençol de areia, depósitos fluviais (efêmero) e paleossolos. Este sistema eólico úmido apresenta cimentação eodiagenética por calcita, com arenitos pouco porosos, maturidade textural e composicional mediana, e diversos horizontes de paleossolos. Traços fósseis da icnofácies *Scoyenia* reforçam a interpretação de umidade do ambiente. Pegadas de saurópodes são reportadas pela primeira vez na bacia.

Paleossolos poligenéticos com condições de hidromorfia, que refletem a estabilização do lençol freático alto, ocorrem de forma quase contínua no topo dos depósitos do sistema eólico úmido e serviram como marco estratigráfico para a Sub-Bacia Abaeté. Estes paleossolos registram a diminuição do aporte sedimentar e progressivo aumento da pedogênese. Posterior erosão destes perfis poligenéticos durante a formação da super-superfície erosiva regional registra a abrupta redução do aporte sedimentar na bacia.

O sistema eólico superior ultrapassou os limites iniciais da bacia, progradando sobre o embasamento adjacente. Foi interpretado como sistema eólico seco, com predomínio de dunas eólicas de grande porte e com interdunas secas. Os arenitos deste sistema são maduros, bem selecionados, bimodais, porosos e com pouca matriz argilosa infiltrada. As rochas do topo do sistema eólico superior ocorrem associadas com rochas vulcânicas do Grupo Mata da Corda, com ocorrência de *lápillis* e bombas vulcânicas dentro dos arenitos eólicos. Os arenitos podem apresentar deformações sinsedimentares, sendo aqui interpretados como sismitos gerados por abalos sísmicos decorrentes do magmatismo efusivo e piroclástico Mata da Corda. A deformação sinsedimentar e a associação com vulcânicas indicam contemporaneidade do vulcanismo com a evolução do campo de dunas.

O conteúdo fossilífero dos pelitos interdigitados ao sistema inferior indicam que o sistema eólico úmido foi formado no Barremiano/Aptiano. As ocorrências de bombas vulcânicas e das deformações dentro do sistema eólico seco sugerem idade de sedimentação

próxima àquela atribuída às rochas alcalinas do Grupo Mata da Corda (80 Ma). Isso implica que há importante lacuna temporal entre os sistemas eólicos da Formação Três Barras, que por isso pertencem a sequências deposicionais diferentes.

As mudanças de umidade registrada nos sistemas eólicos aqui tratados coincidem com os dados da literatura de umidade e temperatura para seus períodos de deposição, com maiores umidades no Aptiano (eólico úmido) e maiores temperaturas e menores umidades para o Cenomaniano (eólico seco). O pico de umidade no início do Cenomaniano pode ter levado a diminuição do aporte sedimentar e à estabilização do freático, e a abrupta mudança das condições climáticas no tempo Cenomaniano/Turoniano dado origem a super-superfície de deflação eólica que separa os dois sistemas. A constatação da correlação entre as condições paleoambientais e as curvas de umidade e temperatura disponíveis na literatura para o período de formação dos sistemas eólicos demonstra forte influência das condições climáticas regionais no desenvolvimento dos paleodesertos que compõe a Formação Três Barras.

Os paleoventos dos sistemas eólicos, provenientes de NE, coincidem com os modelos de paleocirculação globais propostos para a época, bem como se assemelha com os padrões de circulação eólica de desertos cronocorrelatos, como a porção norte do paleodeserto Botucatu. Uma célula de alta pressão sobre o protoceano Atlântico possivelmente controlou a paleocirculação dos ventos da região e a umidade da porção oeste de Gondwana, favorecendo precipitação no oceano e levando à desertificação dentro dos continentes.

A contemporaneidade entre o sistema eólico seco e vulcânicas do Grupo Mata da Corda e a existência de discordância entre os dois sistemas eólicos indica necessidade de revisão estratigráfica da Formação Três Barras. As características faciológicas, diagenéticas e ambientais durante a formação dos arenitos do sistema eólico superior são muito semelhantes às características dos arenitos do Grupo Urucuia. Em síntese, propõe-se que os depósitos do sistema eólico superior (seco) da Formação Três Barras devam ser classificados litoestratigraficamente pertencentes ao Grupo Urucuia.

REFERÊNCIAS

- Arai, M., Dino, R.; Milhomem, P.S., Sgarbi, G.N.C. 1995. Micropaleontologia da Formação Areado, Cretáceo da Bacia Sanfranciscana: estudos de ostracodes e palinologia. In: *Congresso Brasileiro de Paleontologia, Anais* (Uberaba), 34: 2-3.
- Allen, J.R.L 1984. Sedimentary structures: their character and physical basin. In.: *Developments in Sedimentology*, 30B, 663p.
- Barbosa O. 1965. Geologia econômica aplicada a uma parte do planalto mineiro. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 19. Anais, Rio de Janeiro.
- Barbosa, O., Braun, O.P.G., Dyer, R.C., Cunha, C.A.B.R. 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. *Boletim DNPM/DFPM*, 136: 1-140.
- Batezelli, A., Ladeira, F.S.B., 2016. Stratigraphic framework and evolution of the Cretaceous continental sequences of the Bauru, Sanfranciscana, and Parecis basins, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 65: 1-24.
- Bigarella, J.J. 1973. Paleocurrents And The Problem Of Continental Drift. *Geologische Rundschau*, 62: 442-477.
- Bizzi, L.A., Smith, C.B., Meyer, H.O.A., Armstrong, R., De Wit, M.J. 1994. Mesozoic kimberlites and related rocks in south-western São Francisco craton, Brazil: a case for local mantle reservoirs and their interaction. In: Kimberlites, related rocks and mantle xenoliths, Proceedings of the 5IKC, Araxá, 1991., (eds.) Meyer H.O.A. & Leonardos.
- Buatois, L., Mángano, M. 2002. Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina: implications for ichnofacies models of continental environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 183: 71-86.
- Buol, S.W.; Hole, F.D.; McCracken, R.D. 1980. Soil Genesis and Classification. 2nd edn. *Iowa University Press*. 524 p.
- Campos, J.E.G. 1996. Estratigrafia, sedimentação, evolução tectônica e geologia do diamante da porção centro-norte da Bacia Sanfranciscana. Universidade Federal de Brasília, Instituto de Geociências. *Tese de Doutorado*, 204p.
- Campos, J.E.G., Dardenne, M.A. 1995. O sistema fluvial entrelaçado dos conglomerados e arenitos do Membro Abaeté na região de Cana Brava, MG. *Geociências* (São Paulo), 14: 73-96.
- Campos, J.E.G., Dardenne, M.A. 1997. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, 27: 269-282.

- Campos, J.E.G., Dardenne, M.A. 1997. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, 27: 283-294.
- Cardoso, R.N. 1971. Contribuição ao estudo da Formação Areado: estratigrafia e descrição dos filópodos fósseis. *Arquivos Museu de História Natural, Universidade Federal de Minas Gerais* (Belo Horizonte), 1: 8-43.
- Carmo, D.A., Tomassi, H.Z., Oliveira, S.B. 2004. Taxonomia e distribuição estratigráfica dos ostracodes da Formação Quiricó, Grupo Areado (Cretáceo inferior), Bacia Sanfranciscana, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7: 139-149.
- Carvalho, M.S., Almeida Campos, D., Dardenne, M.A., Sgarbi, G.N.C., Campos, E.G., Cartelle, C.C. 1995. Ocorrência de celacantídeos *Mawzonia* em sedimentos lacustres da Bacia Sanfranciscana, noroeste de Minas Gerais. In: *SBG, Congresso Brasileiro Paleontologia* (Uberaba), 14, *Anais*, p.35.
- Carvalho, I.S., Kattah, S.S. 1998. As pegadas fósseis do paleodeserto da Bacia Sanfranciscana (Jurássico superior - Cretáceo inferior, MG). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70: 53-67.
- Castro, J.C. 1996. O Cretáceo da porção sul da Bacia Sanfranciscana: uma breve revisão. In: *4 Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil* (Águas de São Pedro), Boletim, 4: 209-211.
- Catuneanu, O. 2006. *Principles of sequence stratigraphy*. Elsevier, 375p.
- Chamani, M.A.C. 2011. *Tectônica intraplaca e deformação sinsedimentar induzida por abalos sísmicos: o lineamento Transbrasiliano e estruturas relacionadas na Província Parnaíba, Brasil*. Instituto de Geociências, USP, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. Tese de Mestrado, 206p.
- Chang, H.K., Bender, A.A., Kowsmann, R.O. 1992. O papel das tensões intraplaca na evolução de bacias sedimentares: exemplo da Formação Urucuia. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 37. (São Paulo), *Anais*, 2: 568-569.
- Chaves, M.L.S., Dias, C.H. 2015. Folha São Joaquim SD.23-Y-D-III, Escala 1:100.000. *Projeto fronteiras de Minas Gerais*, CODEMIG-Fundep.
- Costa, M.T., Grossi Sad, J.H. 1968. O Cretáceo em Minas Gerais. In: *SBG, Congresso Brasileiro Geologia*, 22, Belo Horizonte.
- Dias-Brito, D., Pessagno JR, E.A., Castro, J.C. 1999. Novas considerações cronoestratigráficas sobre o silexito a radiolários do sul da Bacia Sanfranciscana, Brasil, e a ocorrência de foraminíferos planctônicos nestes depósitos. In: *5 Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil/1er Simposio sobre el Cretácico de América del Sur* (Serra Negra), Boletim, 1: 567-575.

- Dentzien-Dias, P.C., Schultz, C.L., Bertoni-Machado, C. 2008. Taphonomy and paleoecology inferences of vertebrate ichnofossils from Guar Formation (Upper Jurassic), Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 25: 196-202.
- Fedoroff, N.; Courty, M.A.; Guo, Z. 2010. Paleosoils and relict soils. In Stoops, G.; Marcelino, V.; Mees, F. *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, 623-662.
- Forman, S.L., Tripaldi, A., Ciccioi, P. 2014. Eolian sand sheet deposition in the San Luis paleodune field, western Argentina as an indicator of a semi-arid environment through the Holocene. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 411: 122-135.
- Fragoso, D.G.C. 2011. *Geologia da região de Presidente Olegário e evoluo tectono-sedimentar do Grupo Areado, eocretáceo da Bacia Sanfranciscana, Minas Gerais*. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Dissertao de Mestrado, 134p.
- Fragoso *et al.* 2011. Geologia dos Grupos Bambuí, Areado e Mata da Corda na folha Presidente Olegário (1:100.000), MG: registro deposicional do Neoproterozóico ao Neocretáceo da Bacia do São Francisco. *Geonomos*, 19: 28-38.
- Frakes, L.A. 1986. Mesozoic-Cenozoic climatic history and causes of the glaciation. In: *Mesozoic and Cenozoic Oceans* (eds K.J.Hs). American Geophysical Union Geodynamics Series, 15: 33-48.
- Gaspar, M.T.P., Campos, J.E.G. 2007. O Sistema Aquífero Urucua. *Revista Brasileira de Geociências*, 37: 216-226.
- Gibson, S.A., Thompson, R.N., Leonardos, O.H., Dickin, A.P., Mitchell, J.G. 1995. The Late Cretaceous impact of the Trindade mantle plume: evidence from large-volume, mafic, potassic magmatism in SE Brazil. *Journal of Petrology*, 36: 189-229.
- Hasui, Y., Sadowski, G.G., Suguio, K., Fuck, G.F. 1975. The Phanerozoic tectonic evolution of the western Minas Gerais State. *Anais da Academia de Ciência.*, 47: 431-438.
- Hasui, Y. & Haralyi, N.L.E. 1991. Aspectos lito-estruturais e geofísicos do soerguimento do Alto Paranaíba. *Geociências* (São Paulo), 10: 57-77.
- Hendricks, D.M. 1991. Genesis and classification of arid regions soils. In. Skujins, J. (ed). *Semiarid Lands and Deserts Soil Resource and Reclamation*. p 33-79.
- Kattah, S.S., 1991. *Análise faciológica e estratigráfica do Jurássico Superior/Cretáceo Inferior na porão meridional da Bacia Sanfranciscana, Oeste do Estado de Minas Gerais*. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Departamento de Geologia. Dissertao de Mestrado, 227p.

- Kattah, S.S. 1992. A ocorrência de sismitos no Grupo Areado, Bacia Sanfranciscana no oeste do Estado de Minas Gerais. In: *2 Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil* (Rio Claro – SP), p. 220-221.
- Keller, G. 2008. Cretaceous climate, volcanism, impacts, and biotic effects. *Cretaceous Research*, 29: 754-771.
- Kocurek, G. 1981. Significance of interduna deposits and bounding surfaces in aeolian dune sands. *Sedimentology*, 28: 753-780.
- Kocurek, G. A. 1988. First-order and super bounding surfaces in eolian sequences – Bounding surfaces revisited. *Sedimentary Geology*, 56: 193-206.
- Kocurek, G. A. 1996. Desert aeolian systems. In: Reading, H. G. (ed) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. 3rd ed., p 125-153.
- Kocurek, G., Nielson, J. 1986. Conditions favourable for the formation of warm-climate aeolian sand sheets. *Sedimentology*, 33: 795-816.
- Kocurek, G., Havholm K.G. 1993. Eolian Sequence Stratigraphy. – A Conceptual Framework In: *Siliciclastic Sequence Stratigraphy*. American Association Petroleum Geologists (Memoir 58), p. 393-409.
- Lancaster, N. 1995. *Geomorphology of desert dunes*. (London), Routledge, 233 p.
- Laporte L. F., Behrensmeyer A. K. 1980. Tracks and substrate reworking by terrestrial vertebrates in Quaternary sediments of Kenya. *Journal of Sedimentary Research*, 50: 1337-1346.
- Leonardos, O.H., Meyer H.O.A. 1991. Outline of the geology of western Minas Gerais. *Fifth International Kimberlite Conference* (Araxá), p. 17-21.
- Lima, M.R. 1979. Palinologia dos calcários laminados da Formação Areado, Cretáceo de Minas Gerais. In: *SBG, Simpósio Regional de Geologia*, 2 (Rio Claro), 1: 203-216.
- Lockley, M.G. 1991. *Tracking dinosaurs*. Cambridge University Press, 238p.
- Lowe, D. 1975. Water escape structures in coarse-grained sediments. *Sedimentology*, 22: 157-204.
- Mendonça, K.R.N. 2003. *Estratigrafia de seqüências da formação Areado na porção sul da Bacia Sanfranciscana, Minas Gerais*. Rio Claro: UNESP - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Dissertação de Doutorado, 124p.
- Montenat, C., Barrier, P., D’Estevou, P.O., Hibsich, C., 2007. Seismites: na attempt at critical analysis and classification. *Sedimentary Geology*, 196: 5-30.

- Moraes, L.C., Seer, H.J., Kattah, S.S. 1987. Aspectos petroquímicos das rochas vulcânicas alcalinas cretáceas da porção meridional da Bacia Sanfranciscana, MG. *In: Congresso Brasileiro de Geoquímica*, 1 (Porto Alegre), *Anais*, 1: 315-318.
- Moretti, M. 2000. Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in middle-late Pleistocene aeolian deposits (Apulian foreland, Southern Italy). *Sedimentary Geology*, 135: 167-179.
- Moretti, M., Ronchi, A. 2011. Liquefaction features interpreted as seismites in the Pleistocene fluvio-lacustrine deposits of the Neuquén Basin (Northern Patagonia). *Sedimentary Geology*, 235: 200-209.
- Mountney, N.P., Howell, J., Flint, S., Jerram, D. 1999. Climate, sediment supply and tectonics as controls on the deposition and preservation of the aeolian-fluvial Etjo Sandstone Formation, Namibia. *Journal of the Geological Society* (London), 156: 771-777.
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Wiley-blackwell, 2nd ed., 419p.
- Nordt, L.C.; Collins, M.E.; Fanning, D.S.; Monger, H.C. 2000. Entisols. In: Sumner, M.E. (ed). *Handbook of Soil Science*. CRC Press. p. 224-242.
- Owen, G., Moretti, M., Alfaro, P. 2011. Recognising triggers for soft-sediment deformation: current understanding and future directions. *Sedimentary Geology*, 235: 133-140.
- Parrish, J.T., Curtis, R. 1982. Atmospheric circulation, upwelling, and organic-rich rocks in the Mesozoic to Cenozoic Eras. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 40: 31-66.
- Pessagno, JR, E.A., Dias-Brito, D. 1996. O silexito a radiolários do sul da Bacia Sanfranciscana, Brasil: idade, origem e significado. In: *4 Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil*, (Águas de São Pedro). Boletim, 4: 213-222.
- Platt, B.F., Hasiotis, S.T., Hirmas, D.R. 2012. Empirical determination of physical controls on megafaunal footprint formation through neiochnological experiments with elephants. *Palaios*, 27: 725-737.
- Pond, S., Lockley, M.G., Lockwood, J.A.F., Breithaupt, B.H., Matthews, N.A. 2014. Trackings dinosaurs on the Isle of Wight: a review of tracks, sites, and current research. *Biological Journal of the Linnean Society*, 113: 737-757.
- Retallack, G.J., 2001. *Soils of the Past – An introduction to paleopedology*. London: Unwin Hyman, 520p.
- Sawasato E.Y. 1995. *Estruturação da porção meridional da Bacia Alto-Sanfranciscana, Cretáceo do Oeste de Minas Gerais*. Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Ouro Preto. Tese de Mestrado, 127p.

- Scorza, F.P., Santos R. 1955. Ocorrência de folhelho fossilífero no município de Presidente Olegário, Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Bol. 155, 27p.
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fóssil. *Marine Geology*, 5: 413-428.
- Seer, H.J., Moraes, L.C. 1989. Roteiro Geológico para a região de Lagoa Formosa-Chumbo-Carmos do Parnaíba-MG. 58p. (Boletim SBG-MG, n°9).
- Selley, R.C. 1982. *Introduction to Sedimentology*, 2° ed. Academic Press, Londres.
- Sellwood, B.W., Valdes, P.J. 2006. Mesozoic climates: general circulation models and the rock record. *Sedimentary Geology*, 190: 269-287.
- Sgarbi, G.N.C. 1989. *Geologia da Formação Areado, Cretáceo Médio a Inferior da Bacia do São Francisco, oeste do Estado de Minas Gerais*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, 324p.
- Sgarbi, G.N.C., Dardenne, M.A. 1997. Evolução climática do Gondwana nas regiões centro-sul do Brasil e seus registros geológicos continentais durante o Mesozóico, enfatizando o Arco do Alto Parnaíba, a borda NNE da Bacia do Paraná e a porção meridional da Bacia Sanfranciscana. *Geonomos*, 4: 21-49.
- Sgarbi, G.N.C. 2000. The Cretaceous Sanfranciscan Basin, eastern plateau of Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 450-454.
- Sgarbi, G.N.C., Sgarbi, P.B.A. 2001. Bacia Sanfranciscana: o registro fanerozóico da Bacia do São Francisco. In.: Martins-Neto M.A., Pinto, C.P. (ed.) *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais* (Belo Horizonte), SBG-Núcleo de Minas Gerais, p.93-138.
- Sgarbi, G.N.C. 2011. *Projeto Alto Parnaíba. Capítulo III: Sedimentação do Cretáceo Inferior na Bacia Sanfranciscana: O Grupo Areado*. CODEMIG/UFMG, 146p.
- Sgarbi, P.B.A., Valença, J.G. 1991. Petrography and general chemical features of potassic mafic to ultramafic alkaline volcanic rocks of Mata da Corda Formation, Minas Gerais State, Brazil. *International Kimberlite Conference. Extended abstracts*. Brazil. p. 359-360.
- Sgarbi P.B.A., Heaman L., Gaspar J. C. 2004. U-Pb perovskite ages for brazilian kamafugitic rocks: further support for a temporal link to a mantle plume hospot track. *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 715-724.
- Sgarbi, P.B.A. 2011. *Projeto Alto Parnaíba. Capítulo IV: Magmatismo do Cretáceo na região sudoeste da Bacia Sanfranciscana: o Grupo Mata da Corda*. CODEMIG/UFMG, 227p.
- Silva, R.R. 2013. *Descrição osteológica e posicionamento filogenético de um terópode (Dinosauria, Saurischia) do Cretáceo Inferior da Bacia Sanfranciscana, município de*

- Coração de Jesus, Minas Gerais, Brasil*. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo. 121p.
- Spigolon, A.L.D., Alvarenga, C.J.S. 2002. Fácies e elementos arquiteturais resultantes de mudanças climáticas em um ambiente desértico: Grupo Urucuia (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, 32: 579-586.
- Sung Paik, I., Kim, H.J., Lee, Y.I. 2001. Dinosaur track-bearing deposits in the Cretaceous Jindong Formation, Korea: occurrence, paleoenvironments and preservation. *Cretaceous Research*, 22: 79-92.
- Sun, J., Muhs, D.R. 2007. Dune Fiels: Mid-Latitudes. In.: Elias, S.A. (ed.) *Encyclopedia of Quaternary Science*, Elsevier. p.599-607.
- Talbot, M.R. 1985. Major bounding surfaces in aeolian sandstone – a climatic model. *Sedimentology*, 32: 257-265.
- Taylor, A.M., Gondring, R. 1993. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric. *Journal of the Geological Society*, 150: 141-148.
- Thulborn, T. 2012. Impact of sauropod dinosaurs on lagoonal substrates in the Broome Sandstone (Lowe Cretaceous), Western Australia. *PLoS ONE* 7: e36208. doi:10.1371/journal.pone.0036208.
- Tomé, M.E.T.R. 2011. *Estudos de ostracodes não-marinho do Andar Alagoas, nas bacias do Araripe, Cedro, Jatobá e Sergipe/Alagoas, nordeste do Brasil*. Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Geociências. Tese de Doutorado, 161p.
- Tucker, M.E. 2003. *Sedimentary rocks in the field*. Wiley, 3rd ed., 234p.
- Ulbrich, M.N.C., Gomes, C.B. 1981. Alkaline rocks from continental Brazil. *Earth Science Reviews*, 17: 135-154.
- Zaher, H., Pol, D., Carvalho, A.B., Nascimento, P.M., Riccomini, C., Larson, P., Juarez-Valieri, R., Pires-Domingues, R., Silva Jr., N.J.d., Campos, D.A. 2011. A complete skull of an Early Cretaceous sauropod and the evolution of advanced titanosaurs. *PlosOne*, 6: 1–10.
- Walker, T.R. 1967. Formation of red beds in modern and ancient deserts. *Bulletin of the Geological Society of America*, 78: 353-368.
- Wojtanowicz, J. 1999. Problem of occurrence and age (TL) of inland Plenivistulian dunes in Poland (on the example of Sandomierz Basin). In. Schirmer, W. (Ed.) *Dunes and Fossil Soils*. p. 43-53.
- Wright, V.P., Tucker, M.E. 1991. *Calcretes*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 352p.