



**Tafocenoses da Formação Pimenteira, Devoniano da Bacia do Parnaíba, Piauí:
Mapeamento, Inventário e Relevância Patrimonial**

Taphocoenoses of the Pimenteira Formation, Devonian of the Parnaíba Basin, State of Piauí:
Mapping, Inventory and Heritage Relevance

Luiza Corral Martins de Oliveira Ponciano^{1,2,3}; Aline Rocha de Souza Ferreira de Castro^{1,3};
Vera Maria Medina da Fonseca² & Deusana Maria da Costa Machado³

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia,
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, CCMN, 21941-916, Rio de Janeiro/RJ.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Departamento de Geologia e Paleontologia,
Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ.

³ Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, UNIRIO, Departamento de Ciências Naturais,
Av. Pasteur, 458, 22240-290, Rio de Janeiro/RJ.

E-mails: luizaponciano@gmail.com; aline@geologia.ufrj.br; vmmedinafonseca@gmail.com; deusana@gmail.com

Recebido em: 14/09/2011 Aceito em: 29/12/2011

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2012_1_05_27

Resumo

Durante trabalhos de campo realizados nos últimos dez anos ao longo da borda leste da Bacia do Parnaíba, no Estado do Piauí, tem-se observado uma contínua destruição de afloramentos fossilíferos da Formação Pimenteira, sendo claramente motivo de preocupação. No atual momento de retomada dos estudos sobre esta formação, a realização de inventários amplos, abrangendo todos os grupos fósseis de determinadas regiões, assim como seu contexto geológico, é uma forma de proteção ao patrimônio geológico que deve ser efetuada. O objetivo do presente trabalho é a caracterização da composição e do modo de ocorrência das tafocenoses, além da valoração relativa da importância dos numerosos sítios fossilíferos da Formação Pimenteira, contribuindo para a sua conservação. Este levantamento reúne dados inéditos obtidos a partir de 2005, informações disponíveis na literatura e dados não publicados, como dissertações e teses, cadernetas de campo, fotos de diversas épocas e registros de amostras da Formação Pimenteira depositadas em coleções científicas de diferentes museus e universidades. Desde o trabalho pioneiro de Caster (1948), as tafocenoses da Formação Pimenteira têm sido caracterizadas como erráticas e relacionadas principalmente aos arenitos. Estas interpretações iniciais sofreram alteração significativa após a excursão realizada em 2009, que revelou novos sítios e horizontes fossilíferos em depósitos com litologias diversas (siltitos, arenitos e conglomerados). Com base no presente inventário, consideram-se como mais relevantes os seguintes afloramentos: Morro Branco de Kegel, Rio Sambito, Morro do Cemitério, BR-316/km 318, Itainópolis, Riachão, São João Vermelho e PI-466/km 12. Estas localidades são as mais citadas na literatura e algumas apresentam maior valor histórico e uma considerável diversidade de tafocenoses capazes de fornecer dados sobre o paleoambiente deposicional, a gênese e a idade dos depósitos fossilíferos. Além disso, os fósseis estão mais bem preservados e documentam de forma mais ampla as variações faunísticas e florísticas dos mares devonianos e dos ambientes flúvio-deltaicos do entorno.

Palavras-chave: Formação Pimenteira; Bacia do Parnaíba; Devoniano; patrimônio geológico

Abstract

During fieldwork conducted in the last ten years along the eastern border of the Parnaíba Basin in the State of Piauí, the continuous destruction of fossiliferous outcrops of the Pimenteira Formation has been observed and is clearly a matter of concern. In the current resumption of studies on this formation, the compilation of extensive inventories, covering all fossil groups, as well as the geological context, is a necessary means of protecting the geological heritage. The purpose of the present study is to establish the composition and mode of occurrence of the taphocoenoses and to evaluate the relative importance of the formation's numerous fossiliferous sites, thus contributing to their conservation. The inventory incorporates unpublished data obtained since 2005, information available in the literature, unpublished dissertations and theses, field notebooks, photographs from different periods, and records of Pimenteira Formation samples deposited in the scientific collections of various museums and universities. Since the pioneering work of Caster (1948), the taphocoenoses of the Pimenteira Formation have been characterized as of erratic occurrence and hosted mainly by sandstones. These initial interpretations have undergone significant changes following the 2009 excursion, which revealed new fossiliferous horizons and sites with an array of differing lithologies (siltstones, sandstones, and conglomerates). Based on this inventory, we consider the following to be the most significant outcrops: Morro Branco de Kegel; Rio Sambito; Morro do Cemitério; BR-316/km 318; Itainópolis; Riachão; São João Vermelho; and PI-466/km 12. These sites are the most frequently mentioned in the literature and some have particular historical value and also considerable diversity of taphocoenoses that provide data about the depositional environment, genesis, and age of the fossiliferous deposits. Furthermore, the fossils are better preserved and record more comprehensively the faunal and floral variations of the Devonian seas and adjacent fluvio-deltaic environments.

Keywords: Pimenteira Formation; Parnaíba Basin; Devonian; geological heritage

1 Introdução

A fauna marinha da Formação Pimenteira, conhecida por sua expressiva diversidade, possui especial importância para os estudos paleobiogeográficos do Devoniano no Brasil, devido ao posicionamento intermediário da Bacia do Parnaíba com relação às bacias do Amazonas e Paraná. Entretanto, quando comparados aos das duas últimas, os estudos sobre a paleofauna e paleoflora devonianas da Bacia do Parnaíba ainda são um tanto incipientes. Os macrofósseis presentes nos afloramentos da borda leste da Bacia do Parnaíba (Estado do Piauí) são peças-chave na elucidação da paleogeografia e das relações paleobiogeográficas do Gondwana Ocidental com regiões vizinhas, durante o Mesodevoniano. Nesta época, a Bacia do Parnaíba teria tido um acesso mais restrito ao mar aberto que as bacias contemporâneas adjacentes; portanto, a deposição dos sedimentos e bioclastos teria ocorrido ali em condições marinhas relativamente mais rasas (Grahn *et al.*, 2006).

Apesar da reconhecida importância da Formação Pimenteira no tocante às pesquisas geológicas e paleontológicas, a contínua destruição de seus afloramentos tem sido constatada durante sucessivos trabalhos de campo, realizados ao longo dos últimos dez anos no Estado do Piauí. Este problema decorre principalmente do crescimento demográfico e urbano cada vez mais acelerado, em regiões como os municípios de Picos e Pimenteiras (Souza *et al.*, 2008; Ponciano *et al.*, 2010).

Nestas cidades, diversos afloramentos portadores de macrofósseis devonianos já foram destruídos devido à edificação de casas diretamente sobre os sítios fossilíferos (Figura 1), à extração das rochas para uso como material de construção, e à ampliação e pavimentação de antigas estradas de terra. A apropriação de terras públicas por particulares ao longo da margem das estradas também constitui ameaça aos afloramentos, pois dificulta o acesso dos pesquisadores a sítios potencialmente fossilíferos. Os afloramentos da Formação Pimenteira que ainda resistem e são acessíveis não recebem qualquer tipo de proteção ou indicação de existência. Algumas localidades fossilíferas citadas na literatura já não podem mais ser encontradas, seja porque os pontos de referência utilizados desapareceram em face do crescimento das cidades, seja por causa da descrição muito genérica dos sítios. Tais problemas são agravados pelo desconhecimento da importância dos afloramentos pela população do entorno, que ainda necessita ser apresentada e conscientizada sobre o



Figura 1 Morros próximos ao centro da cidade de Picos, onde se observa a expansão das construções sobre os afloramentos fossilíferos da Formação Pimenteira (A-B). Dentre os sítios tratados no presente trabalho, o mais afetado é o Morro do Cemitério, pois além das construções, uma extensa área de acúmulo de lixo (A) também dificulta o acesso ao local. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

significado dos fósseis que podem ser encontrados nos quintais de suas casas. Como exemplo, cita-se o próprio museu Ozildo Albano (único museu no município de Picos), onde são expostos somente fósseis de outros estados (principalmente peixes eocretáceos da Bacia do Araripe), apesar de toda a cidade ter sido construída sobre afloramentos da Formação Pimenteira, portadores de numerosos fósseis marinhos do Devoniano Médio.

A aparente escassez e descontinuidade estratigráfica dos horizontes fossilíferos do Devoniano no Piauí têm sido retificadas em trabalhos recentes (Ponciano & Della Fávera, 2009; Ponciano *et al.*, 2010), os quais obtiveram êxito em caracterizar a distribuição e o modo de ocorrência das tafocenoses em arenitos do Membro Passagem. A mesma metodologia é ora aplicada a depósitos

menos proximais da Formação Pimenteira, expostos em sítios fossilíferos cuja caracterização preliminar é aqui apresentada.

A realização de inventários amplos, abrangendo todos os grupos fósseis de determinadas regiões, assim como seu contexto geológico, é uma forma de proteção ao patrimônio geológico que deve ser efetuada no atual momento de retomada dos estudos sobre a Formação Pimenteira. O objetivo do presente trabalho é a caracterização da composição e do modo de ocorrência das tafocenoses, além da valoração relativa dos sítios fossilíferos da Formação Pimenteira. Pretende-se, desse modo, destacar a relevância científica e patrimonial dos sítios mais importantes, contribuindo para a sua conservação.

Este levantamento reúne dados inéditos obtidos a partir de 2005, informações disponíveis na literatura e dados não publicados, como dissertações e teses, cadernetas de campo, fotos de diversas épocas e registros de amostras da Formação Pimenteira depositadas em diferentes coleções científicas de museus e universidades.

No que concerne à borda leste da Bacia do Parnaíba, a maioria das publicações aborda os macrofósseis da Formação Pimenteira apenas sob a forma de listagens (Caster, 1948; Plummer, 1948; Kegel, 1953; Campanha & Mabessone, 1974; Caldas *et al.*, 1987; Carvalho *et al.*, 1996; Fernandes *et al.*, 2002 e Santos & Carvalho, 2009). Trabalhos mais aprofundados com ilustrações e descrições são raros (Kräusel & Dolianiti, 1957; Kegel, 1966; Castro, 1968; Fonseca & Melo, 1987; Melo, 1988; Carvalho *et al.*, 1997; Agostinho *et al.*, 2004 e Fonseca, 2004).

Da categoria de dados não publicados, foram utilizadas principalmente dissertações e teses (Suárez-Riglos, 1967; Melo, 1985; Fonseca, 2001 e Silva, 2005) e as cadernetas de campo e fotos do geólogo José Henrique Gonçalves de Melo. Estas últimas foram doadas ao Laboratório de Paleoinvertebrados do Museu Nacional/UFRJ, juntamente com as coleções paleontológicas antes depositadas no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobras (Cenpes, Rio de Janeiro). Elas apresentam dados inéditos de trabalhos de campo realizados entre 1981 e 1996, incluindo a expedição Orville A. Derby (em 1986), que revelou novos sítios fossilíferos nas três principais bacias sedimentares paleozóicas brasileiras (Parnaíba, Amazonas e Paraná). Porém, na maioria destas localidades não foram desenvolvidos estudos posteriores, e o seu registro não chegou a ser publicado. Mais de 13 anos

após essas expedições, em 2009, foi realizado um trabalho de campo baseado nessas cadernetas, em raros artigos publicados (citados acima), e no modelo preditivo de sistemas flúvio-deltaicos dominados por inundações episódicas (Ponciano & Della Fávera, 2009). As informações assim obtidas possibilitaram a realização do presente estudo, tendo como principais resultados a localização e o aprofundamento das análises dos sítios visitados nas décadas de 1980/90, além da descoberta e caracterização de novos sítios e horizontes fossilíferos da Formação Pimenteira.

O material depositado em coleções, além de ser pouco representativo da diversidade de tafocenoses, carece de informações importantes sobre os pontos de coleta. As etiquetas das amostras mais antigas citam as regiões de forma muito vaga, dificultando a correlação do material com os afloramentos mapeados atualmente. O mesmo problema é verificado na maioria das publicações, que não definem com exatidão os locais de coleta.

Os registros mais antigos da ocorrência de fósseis na Formação Pimenteira são devidos a Llewellyn Ivor Price e sua equipe, que efetuaram coletas durante o reconhecimento geológico de agosto a novembro de 1946, na região de Picos. Estes macrofósseis serviram de base para a primeira identificação da idade devoniana dessas rochas, realizada por Caster (1948). Este material está depositado na coleção da Universidade de Cincinnati, em Ohio (EUA), tendo sido em parte descrito e ilustrado na dissertação de Suárez-Riglos (1967). Alguns anos depois, a partir da década de 1950, Wilhelm Kegel coletou fósseis principalmente nos arredores das cidades de Picos, Oeiras e Pimenteiras (Kegel, 1953, 1961, 1966). Este material foi depositado no DNPM/RJ, integrando atualmente a coleção do Museu de Ciências da Terra. Os fósseis coletados nas excursões organizadas por J.H.G. Melo no período de 1981 a 1996 encontram-se nas coleções do Museu Nacional/UFRJ, do Museu Paraense Emílio Goeldi, do Laboratório de Estudos de Comunidades Paleozóicas – UNIRIO e do Instituto de Geociências/UFRJ. Nesta última instituição também existem exemplares coletados em excursões didáticas da disciplina de Paleontologia, ministrada em diferentes cursos do Instituto de Geociências/UFRJ. Na coleção da Universidade Federal de Pernambuco os icnofósseis são mais representativos, embora também existam fósseis de invertebrados marinhos. Amostras de vegetais fósseis podem ser encontradas no Museu Paranaense (em Curitiba). Os macrofósseis coletados em trabalhos de campo efetuados nos anos de 1999, 2005, 2007, 2008 e

2009, organizados pelas autoras do presente trabalho, estão depositados nas coleções do Museu Nacional/UFRJ e do Laboratório de Estudos de Comunidades Paleozóicas (LECP/UNIRIO).

Informações sobre os macrofósseis da Formação Pimenteira estão disponíveis nas páginas do LECP/UNIRIO (<http://www.unirio.br/lecp>), e do Serviço Geológico do Brasil/CPRM (Base PALEO - <http://www.cprm.gov.br/bases/novapale/pale.php>). Essas medidas contribuem para estimular a salvaguarda dos fósseis da referida formação, por meio da produção de conhecimento e de sua divulgação tanto para a comunidade científica quanto para a população local.

Embora os macrofósseis da Formação Pimenteira estejam disponíveis nas coleções das diversas instituições supracitadas, sua relativa escassez e o tipo de preservação, além da perda de informações por problemas curatoriais (no caso do material mais antigo), ainda constituem empecilho considerável para o desenvolvimento de estudos taxonômicos, tafonômicos e paleoecológicos, especialmente no caso dos invertebrados. Tal fato demonstra a importância de novas coletas, que devem ser efetuadas criteriosamente e de acordo com as novas metodologias de alta resolução voltadas para as análises tafonômicas e paleoambientais.

2 Área de Estudo e Metodologia

A excursão que resultou na coleta do material e na caracterização dos afloramentos apresentados no presente trabalho foi realizada em agosto e setembro de 2009. A equipe foi composta por paleontólogos do Museu Nacional/UFRJ, Departamento de Geologia/UFRJ, LECP/UNIRIO e CPRM/RJ. Foram analisados 27 sítios fossilíferos da Formação Pimenteira, localizados entre o nordeste e sudeste do Estado do Piauí. Dentre estes, 18 afloramentos nos municípios de Pedro II, Pimenteiras, Sussuapara, Picos, Itainópolis e João Costa foram selecionados para uma análise mais detalhada (Figura 2). Nestas localidades foram coletados macrofósseis e icnofósseis devonianos em siltitos, arenitos e conglomerados da Formação Pimenteira, com a retirada de um total de cerca de duas toneladas de blocos de rocha.

As atividades de coleta foram realizadas de modo criterioso, contemplando o registro fotográfico, em vídeo e por escrito, de todas as informações relevantes. Entre estas, citam-se a orientação original dos fósseis em planta e em seção, seu posicionamento

nos perfis estratigráficos, as coordenadas GPS e os demais dados de localização e do contexto sedimentológico, estratigráfico e tafonômico dos intervalos fossilíferos. Tal metodologia contribuiu para aprimorar o mapeamento e o inventário dos sítios fossilíferos da região, etapas preliminares para a caracterização do patrimônio geológico da Formação Pimenteira.

3 Contexto Geológico e Paleontológico

As unidades litoestratigráficas da Bacia do Parnaíba representam a maior expressão do Devoniano no Brasil em superfície, com uma faixa expositiva de mais de 1.000 km de extensão somente na borda leste. Além disso, do ponto de vista estratigráfico, constituem o registro aflorante mais completo deste sistema geológico, dentre todas as bacias paleozoicas brasileiras (Melo, 1985).

Os estratos devonianos da Bacia do Parnaíba originaram-se em paleoambientes parálicos a marinhos rasos, no transcorrer de sucessivos ciclos transgressivo-regressivos que se iniciaram no Lochkoviano, mas se tornaram particularmente expressivos a partir do Eifeliano. Eles culminaram na maior ingressão marinha do Devoniano regional (registrada na parte meso-superior da Formação Pimenteira), durante o Frasniano, sucedida de forte progradação litorânea que, no término do Fameniano, foi marcada por um evento glacial.

Na borda leste da bacia, a Formação Pimenteira (Small, 1914) caracteriza-se predominantemente pela intercalação de arenitos finos e micáceos, portadores de estratificação cruzada *hummocky* (HCS), com folhelhos e siltitos bioturbados (Caputo, 1984; Vaz *et al.*, 2007). Também ocorrem raros níveis conglomeráticos associados aos arenitos, mais evidentes na região de Itainópolis. Até o momento, a interpretação paleoambiental predominante na literatura é a de que a sedimentação teria ocorrido em ambiente de plataforma rasa dominada por tempestades (Della Fávera, 1990; Vaz *et al.*, 2007). Contudo, Della Fávera (2001) e observações recentes indicam que o modelo de sistemas flúvio-deltaicos dominados por inundações episódicas, já aplicado à análise dos depósitos do Membro Passagem por Ponciano & Della Fávera (2009), também pode ser utilizado no refinamento dos processos que atuaram no paleoambiente marinho raso que originou os depósitos menos proximais da Formação Pimenteira. A ocorrência de restos de organismos marinhos litorâneos a plataformais em depósitos

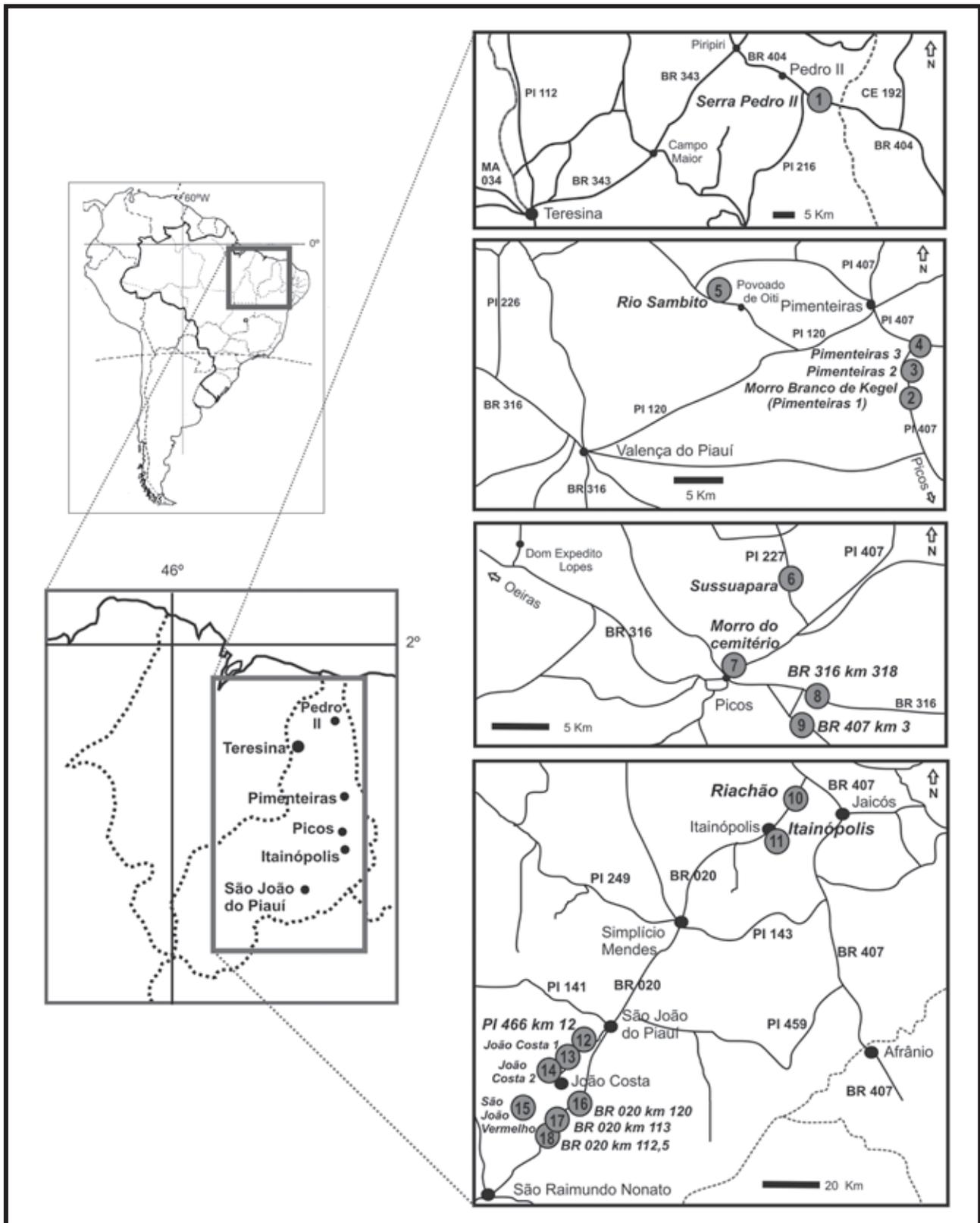


Figura 2 Localização dos 18 sítios fossilíferos da Formação Pimenteira na borda leste da Bacia do Parnaíba, Estado do Piauí.

com grande influência deltaica foi recentemente salientada pelos citados autores no Membro Passagem e por outros autores em diferentes bacias e idades (Mutti *et al.*, 1996; Dominici, 2004; Fürsich *et al.*, 2005). A particularidade deste modelo de inundações episódicas seria a maior zona de transferência dos sedimentos (e também dos bioclastos), possibilitando a erosão, o transporte, o retrabalhamento e a deposição final de restos de organismos oriundos de diversos biótopos nos depósitos plataformais rasos resultantes.

Grahn *et al.* (2008) e Breuer & Grahn (2011) dataram a Formação Pimenteira como neo-eifeliana a eogivetiana terminal, através da análise de quitinozoários e miósporos obtidos de sondagens rasas na faixa de afloramentos no Piauí (borda leste da Bacia do Parnaíba). Já na borda oeste e parte central da bacia, onde são menos afetados pelo truncamento erosional pré-Cabeças, os depósitos da Formação Pimenteira apresentam maior desenvolvimento estratigráfico, abrangendo idades do neo-eifeliano ao eofameniano (Grahn *et al.*, 2006).

As concentrações de macrofósseis da Formação Pimenteira, apesar de ainda pouco estudadas, revelam expressiva diversidade taxonômica. Elas incluem braquiópodes, bivalvíos, belerofontídeos, tentaculítídeos, trilobitas, crinoides, conulários, ostracodes, hiolitídeos, escolecodontes e restos de condrictes e de acantódios; além de fragmentos de algas e de vegetais vasculares, estes últimos carregados das antigas terras emersas circunjacentes (Melo, 1985, 1988; Caputo *et al.*, 2005). No interior de concreções ferruginosas observam-se principalmente trilobitas, belerofontídeos e fragmentos vegetais.

Para que esses macrofósseis sirvam de base a estudos paleobiogeográficos, paleoecológicos e paleoambientais torna-se indispensável o aprofundamento das análises sistemáticas das formas presentes, além do controle geográfico e estratigráfico da distribuição dos horizontes fossilíferos. Apesar de já haver na literatura certa distinção entre os conjuntos de organismos oriundos da base, parte média e topo da Formação Pimenteira (Carvalho *et al.*, 1996 e referências), ainda não se dispõe de uma amostragem suficientemente extensa, nem de registros detalhados do posicionamento estratigráfico, para ratificar possíveis variações composicionais destas tafocenoses. A continuidade vertical e lateral dos intervalos com macrofósseis geralmente é considerada restrita, porém ainda se faz necessário um mapeamento mais amplo da região para a avaliação destas características.

4 Caracterização dos Sítios Fossilíferos

(1) Afloramento Serra Pedro II - na estrada de Pedro II em direção à divisa com o Ceará (BR-404), 11 km após a saída da cidade de Pedro II (também conhecido como vertente oriental da Serra do Pedro). Município de Pedro II (Figura 3).

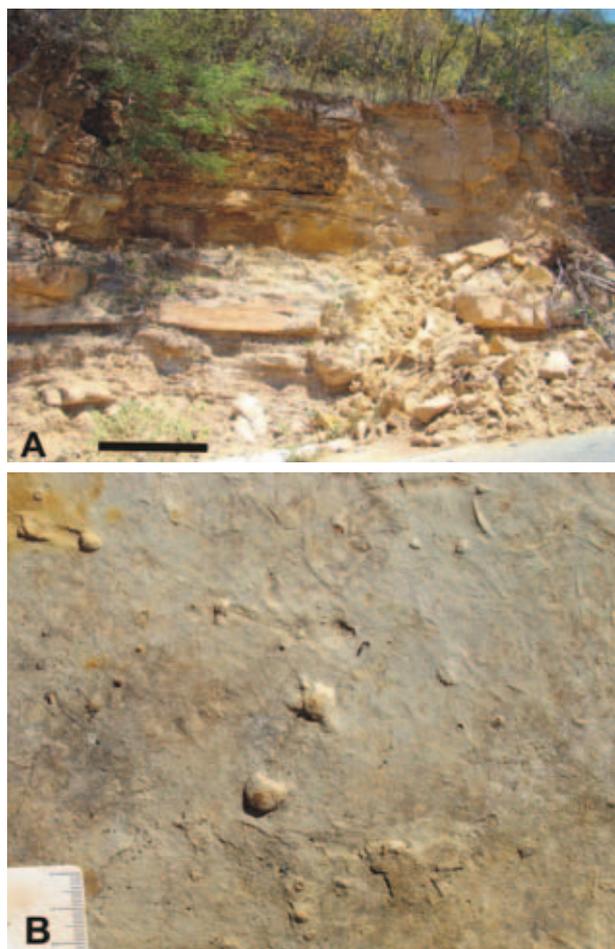


Figura 3 Afloramento Serra Pedro II: (A) aspecto geral da localidade (escala = 1 m) e (B) *Bifungites piauiensis*. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

Fósseis: Invertebrados: Brachiopoda (Terebratulida). Vertebrados: possível espinho de Chondrichthyes. Icnofósseis: *Bifungites piauiensis* Agostinho, Viana & Fernandes, 2004 e *Planolites* isp.

Litologia e observações gerais: Conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos finos a médios, formando corpos tabulares, e siltitos avermelhados a amarelados. O afloramento é um corte de estrada que foi asfaltada em 2006, quando também mudaram seu traçado; portanto este afloramento não corresponde mais à localidade

Ladeira do Felipe registrada anteriormente, apesar do nome do local ter sido preservado. A parte basal do afloramento parece corresponder à Formação Pimenteira (devido à presença de concreções, icnofósseis e conglomerados com possível espinho de Chondrichthyes). No entroncamento entre Pedro II e Milton Brandão há um pequeno afloramento de arenito branco médio, com mica, talvez atribuível ao banco branco de Kegel (1953). Citado por Kegel (1953) e Melo (1985, 1988).

(2) Afloramento Morro Branco de Kegel (Pimenteiras 1) – estrada de terra Pimenteiras – Picos (PI-407), 11 km ao sul de Pimenteiras, no Município de Pimenteiras (Figura 4).

Fósseis: Invertebrados: Brachiopoda (*Tropidoleptus carinatus* (Conrad, 1839); *Montsenetes* cf. *M. boliviensis* Racheboeuf, 1992; *Orbiculoidea* sp., Terebratulida e Lingulida); Conulariida; Trilobita (*Burmeisteria notica* Clarke, 1913 e *Metacryphaeus kegeli* Carvalho, Edgecombe

& Lieberman, 1997); Tentaculitida (*Tentaculites* sp.); Bivalvia (*Palaeoneilo* sp. e *Grammysioidea* sp.); Bellerophonitida (*Plectonotus* sp.). Icnofósseis: *Bifungites munizi* Agostinho, Viana & Fernandes, 2004; *Planolites* isp.; *Palaeophycus* isp.; *Lophoctenium* isp. e *Skolithos* isp. Kegel (1953) também citou a ocorrência de ostracodes, hiolitídeos, escolecodontes, restos vegetais e de peixes.

Litologia e observações gerais: Arenitos finos a médios com HCS, micáceos, esbranquiçados a amarelados, e siltitos acinzentados a amarelados. As conulárias foram encontradas agrupadas e orientadas numa mesma direção (gregárias), num nível de limonita. A maioria dos fósseis é constituída por moldes internos ou externos, e foi encontrada em blocos rolados de arenitos finos esbranquiçados (onde a concentração de macrofósseis é maior e a preservação melhor) a amarelados (com fósseis mais dispersos e fragmentados), ambos associados a intraclastos de argila. Nos siltitos cinza foram encontrados icnofósseis e fragmentos muito

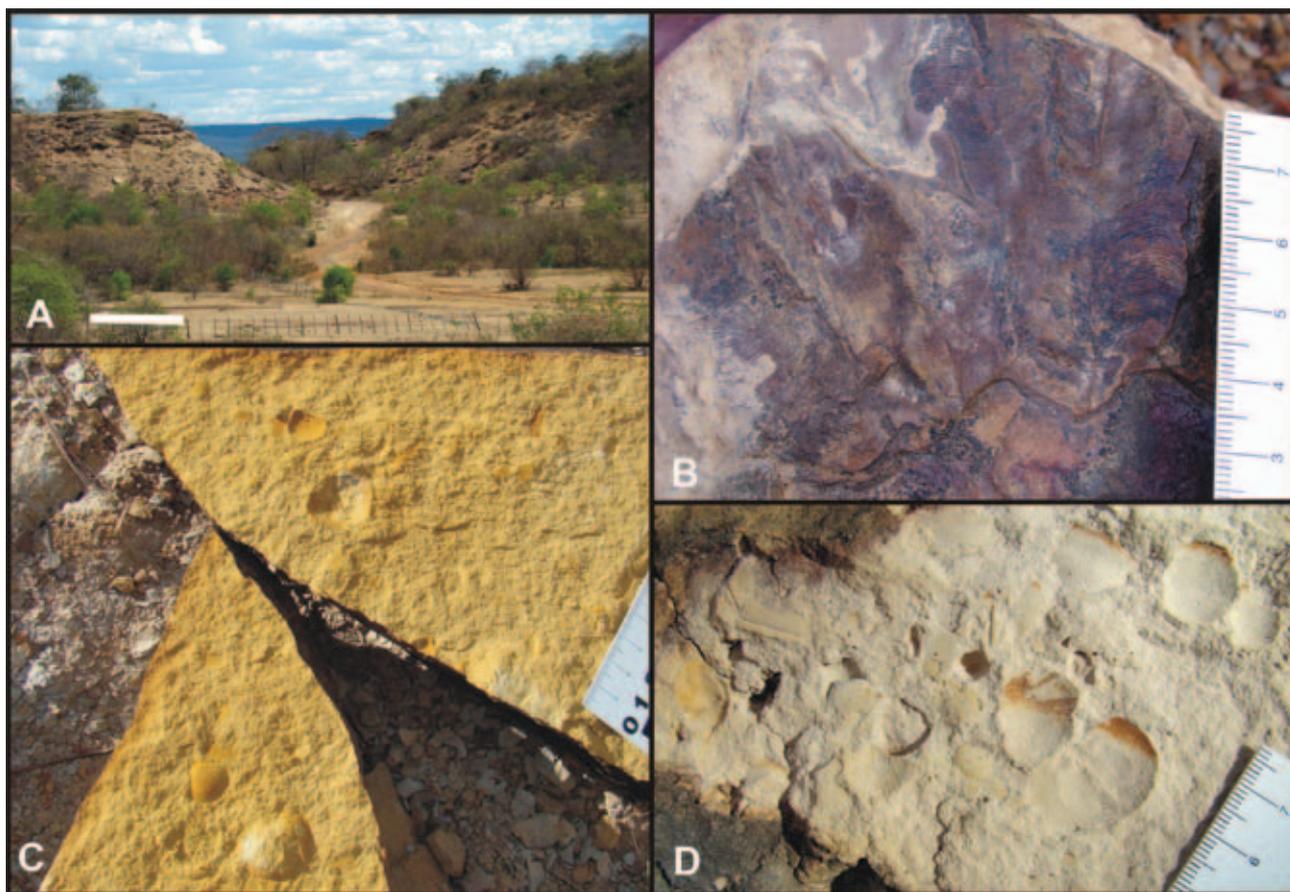


Figura 4 Afloramento Morro Branco de Kegel (Pimenteiras 1): (A) aspecto geral da localidade (escala = 4 m); (B) conulárias; (C) fragmentos de bivalvíos e trilobitas e (D) *Tropidoleptus carinatus*, fragmentos de outros braquiópodes e trilobitas. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

dispersos de trilobitas, braquiópodes e vegetais. Este afloramento, referido à porção basal da Formação Pimenteira (com o predomínio de siltitos), constitui



Figura 5 Afloramento Pimenteiras 2: (A) aspecto geral da localidade (escala = 1 m) e (B) *Burmeisteria notica* (escala = 1 cm). Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

a localidade-tipo de *Metacryphaeus kegeli* Carvalho, Edgecombe & Lieberman, 1997, e se situa na área-tipo da Formação Pimenteira. Foi citado por Kegel (1953), Oliveira & Barros (1976), Melo (1985, 1988), Fernandes (1985), Janvier & Melo (1992), Carvalho (1995), Carvalho *et al.* (1996), Carvalho *et al.* (1997), Siviero (2002) e Santos & Carvalho (2009).

(3) Afloramento Pimenteiras 2 - estrada de terra Pimenteiras – Picos (PI-407), 9 km ao sul da primeira, no Município de Pimenteiras (Figura 5).

Fósseis: Invertebrados: Trilobita (*Burmeisteria notica*).

Litologia e observações gerais: Arenitos finos a médios com HCS, micáceos, esbranquiçados a avermelhados, e siltitos cinza. Foi encontrado somente um exemplar de trilobita, porém como este está articulado e bem completo, supõe-se que a localidade possua um bom potencial para novas descobertas. O afloramento está situado na área-tipo da Formação Pimenteira.

(4) Afloramento Pimenteiras 3 - estrada de terra Pimenteiras – Picos (PI-407), 8 km ao sul da primeira, no Município de Pimenteiras (Figura 6).

Fósseis: Invertebrados: Brachiopoda (*Montsenetes* cf. *M. boliviensis*); Conulariida; Trilobita (*Burmeisteria notica*) e Bellerophonitida (*Plectonotus* sp.). Vegetais: fragmentos indeterminados. Icnofósseis: *Planolites* isp.; *Palaeophycus* isp.; *Arenicolites* isp. e *Skolithos* isp.

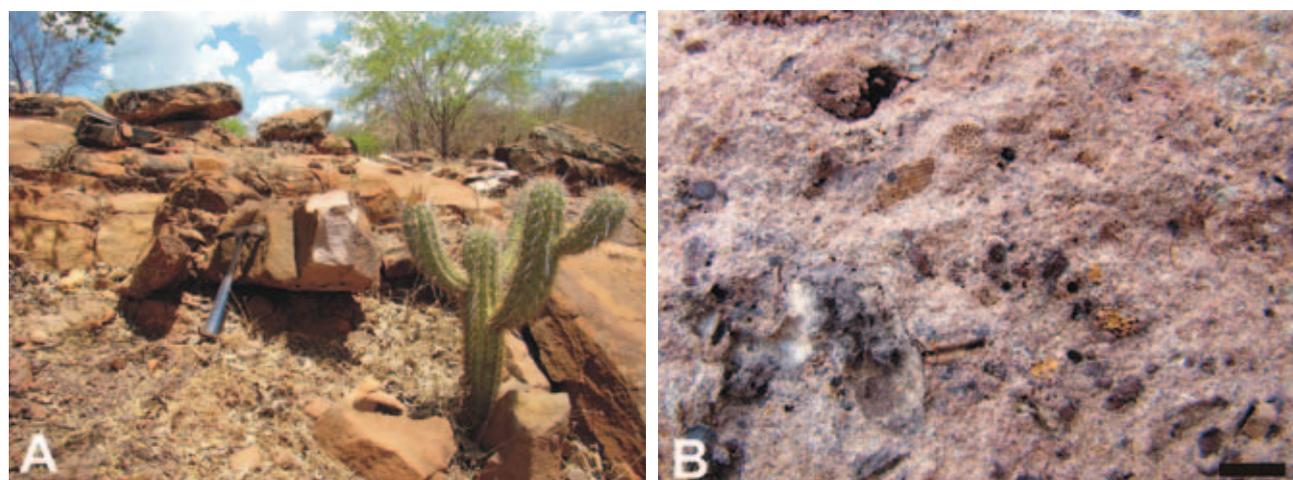


Figura 6 Afloramento Pimenteiras 3: (A) aspecto geral da localidade e (B) fragmentos de conulária e trilobita (escala = 1 cm). Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

Litologia e observações gerais: Arenitos finos a médios com HCS, micáceos, esbranquiçados a avermelhados, e siltitos cinza. Os macrofósseis estão associados a arenitos finos avermelhados com HCS e exibem empacotamento disperso, alto grau de fragmentação, desarticulação e bordas angulosas e arredondadas. O afloramento encontra-se na área-tipo da Formação Pimenteira.

(5) Afloramento Rio Sambito - leito do rio Sambito, 2 km ao norte após o povoado de Oiti, no Município de Pimenteiras (Figura 7). Nessa localidade, um meandro do rio Sambito forma uma corredeira com cerca de 200 m de extensão.

Fósseis: Invertebrados: Tentaculitida (*Tentaculites* sp.). Icnofósseis: *Bifungites piauiensis*; *Asteriacites stelliforme* (Miller & Dyer, 1878); *Diplichnites* isp.; *Granularia* isp.; *Lophoctenium* isp.; *Palaeophycus tubularis* Hall, 1847; *Planolites beverleyensis* (Bilings, 1862); *Scolicia* isp.; *Arenicolites* isp.; *Protopalaeodictyum* isp.; *Rusophycus* isp. e *Skolithos* isp.

Litologia e observações gerais: Arenitos finos a silticos, micáceos, amarelados, silicificados, com laminação plano-paralela, HCS e marcas de ondulações assimétricas, contendo icnofósseis muito abundantes e diversificados. O afloramento é a localidade-tipo de *Bifungites piauiensis*, tendo sido citado por Agostinho *et al.* (2004), Silva (2005) e Santos & Carvalho (2009).

(6) Afloramento Sussuapara – PI-227, 14 km após o trevo do Morro do Cemitério, na estrada Picos – São José do Piauí, Município de Sussuapara (Figura 8).

Fósseis: Invertebrados: Brachiopoda (Terebratulida); Trilobita e Tentaculitida (*Tentaculites* sp). Vegetais: *Spongiophyton* sp. Icnofósseis: *Neoskolithos* isp.

Litologia e observações gerais: Arenitos finos com HCS, arroxeados e micáceos, intercalados a arenitos médios a conglomeráticos com níveis de

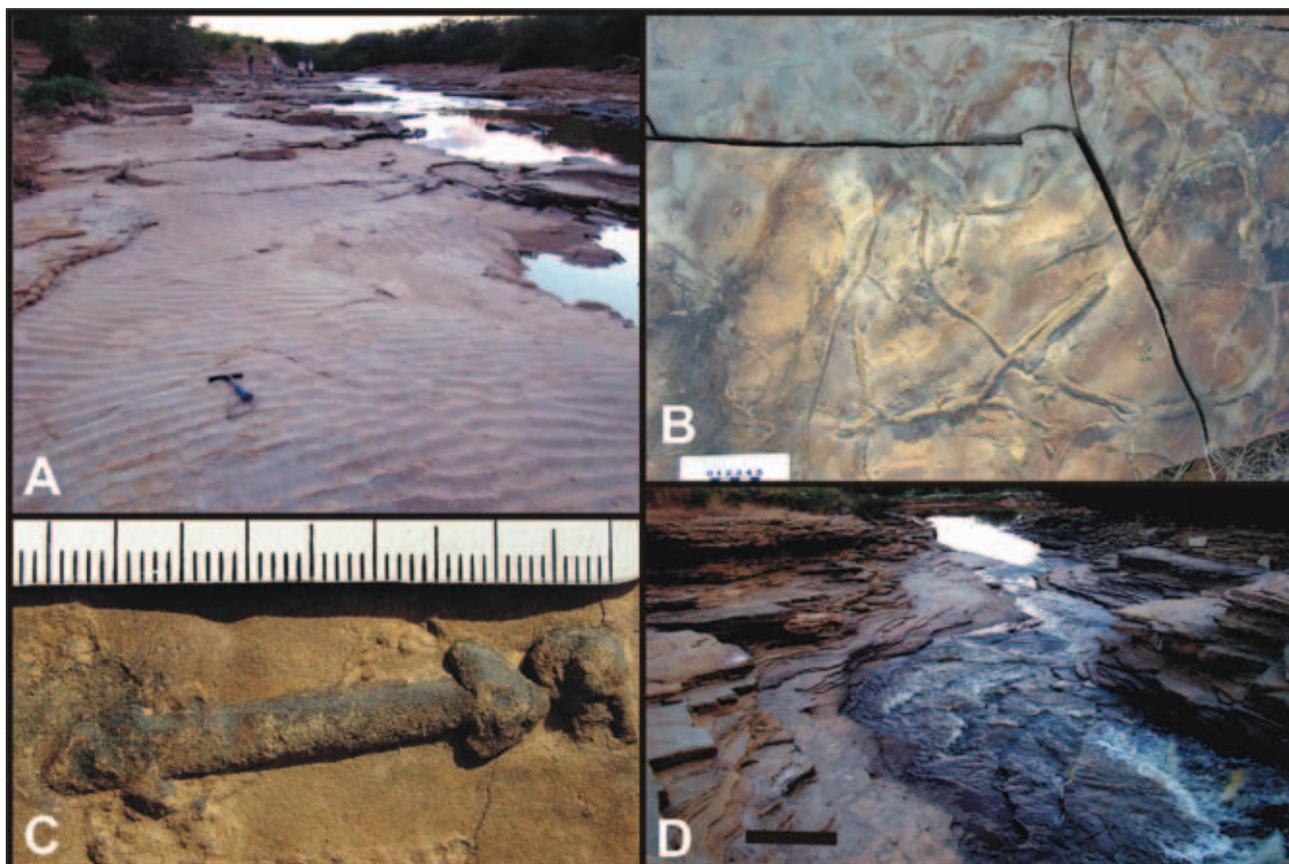


Figura 7 Afloramento Rio Sambito: (A) aspecto geral da localidade; (B) *Palaeophycus tubularis*; (C) *Bifungites piauiensis* e (D) visão em detalhe das corredeiras (escala = 1 m). Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

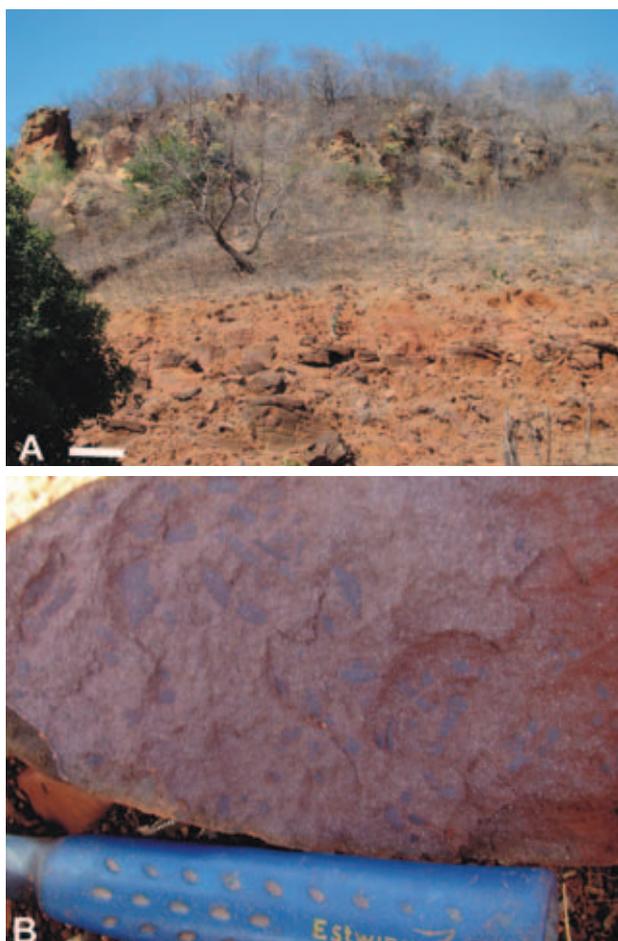


Figura 8 Afloramento Sussuapara: (A) aspecto geral da localidade (escala = 1 m) e (B) *Spongiophyton* sp. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

seixos e intraclastos centimétricos, conglomerados finos e siltitos amarelados. Os macrofósseis foram encontrados em blocos rolados de arenito fino e arroxeadado com HCS, exibindo empacotamento disperso, alto grau de fragmentação, desarticulação e bordas angulosas e arredondadas. Na parte média do afloramento há algumas concreções ferruginosas soltas, aparentemente afossilíferas.

(7) Afloramento Morro do Cemitério (Picos 1) – morro atrás do cemitério de Picos, no final da Rua Professora Marieta Nunes, Município de Picos (Figura 9).

Fósseis: Invertebrados: Trilobita (*Burmeisteria notica*) e Bellerophonitida (*Plectonotus* sp. e *Bucanella?* sp.). Vertebrados: Chondrichthyes (possível espinho de nadadeira de *Ctenacanthus* sp.). Vegetais: *Spongiophyton* sp.; *Protolepidodendron*

kegeli Kräusel & Dolianiti, 1957; *Archaeosigillaria picosensis* Kräusel & Dolianiti, 1957; *Palaeostigma sewardi* Kräusel & Dolianiti, 1957 e fragmentos indeterminados.

Litologia e observações gerais: Intercalação de siltitos com arenitos muito finos a finos, arroxeados, micáceos, com HCS e níveis de intraclastos de argila centimétricos. Blocos de arenito fino com HCS contêm espinhos de condrites, um deles bem preservado e com mais de 20 cm de comprimento, além de belerofontídeos e pequenos fragmentos de trilobitas e vegetais. Nas concreções ferruginosas fossilíferas predominam moldes de trilobitas preservados de diversos modos, desde bem

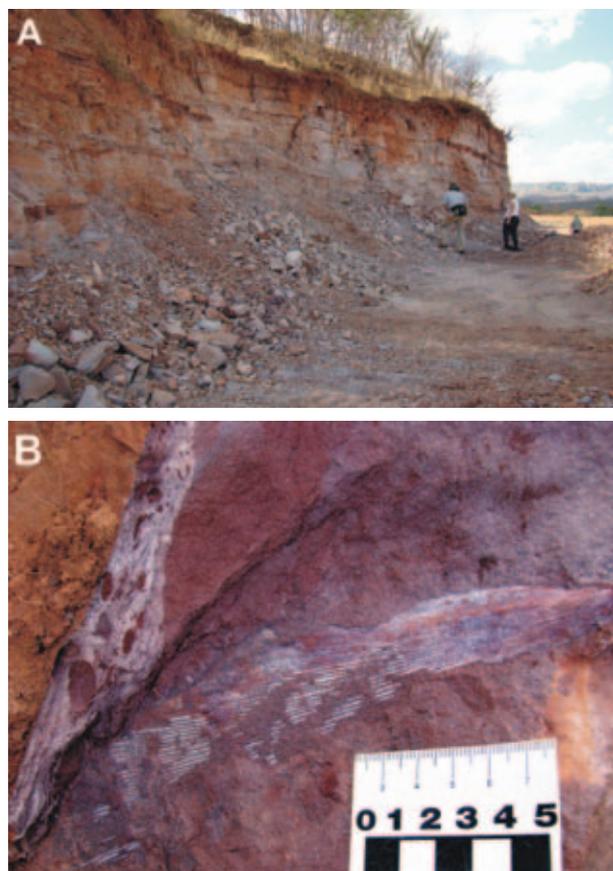


Figura 9 Afloramento Morro do Cemitério (Picos 1): (A) aspecto geral da localidade e (B) espinho de condricte. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

completos, articulados e enrolados, a fragmentos de tamanhos diversos. O afloramento representa a parte superior da Formação Pimenteira na borda leste. É a localidade-tipo de *Protolepidodendron kegeli* e *Archaeosigillaria picosensis*, sendo citado por Kegel (1953, 1966), Kräusel & Dolianiti (1957),

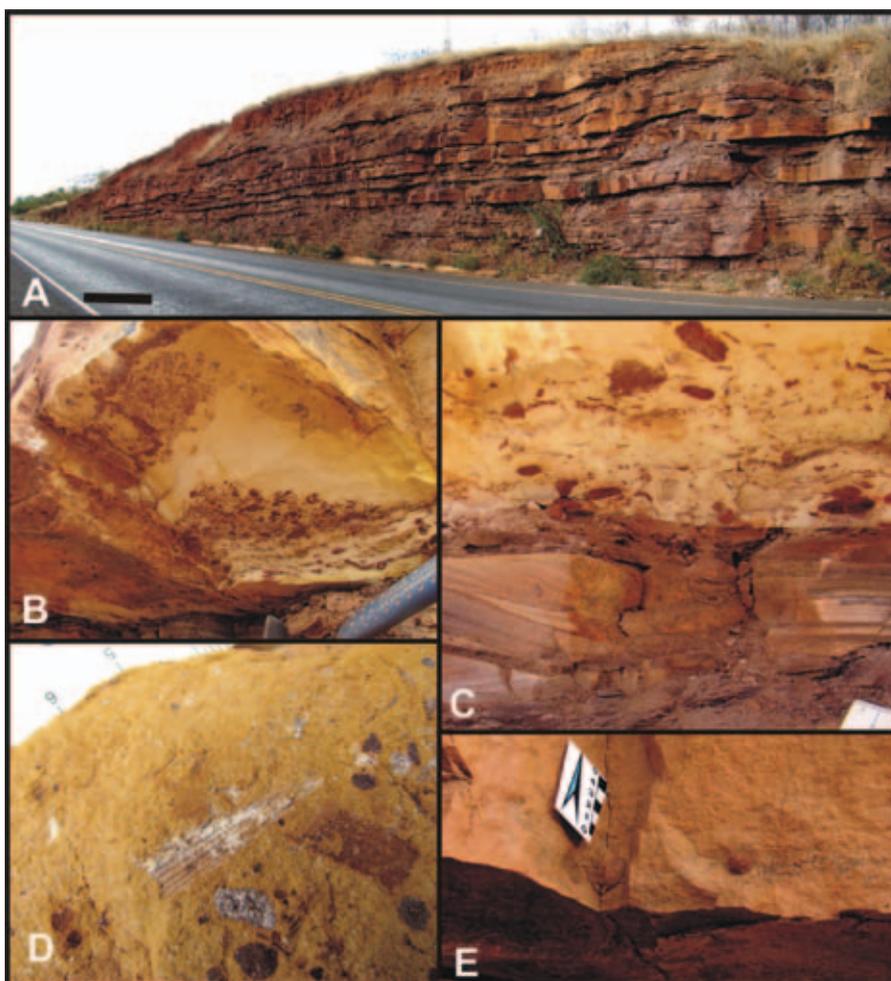


Figura 10
Afloramento BR-316/
km 318 (Picos 2): (A)
aspecto geral da localidade
(escala = 1 m); (B) visão
em detalhe do intervalo
fossilífero; (C) moldes
de bivalvíos associados a
intraclastos de argila; (D)
espinho de condricte e (E)
concreções fossilíferas
in situ. Fotografias:
L.C.M.O.P., 2009.

Santos (1961), Suárez-Riglos (1967), Castro (1968), Campanha & Mabesoone (1974), Melo (1985), Campos (1985), Janvier & Melo (1992), Carvalho (1995) e Santos & Carvalho (2009).

(8) Afloramento BR-316/km 318 (Picos 2)

- na saída de Picos em direção a Recife, após o 3º Batalhão de Engenharia de Construção do Exército, cerca de 5 km a leste de Picos, no município homônimo (Figura 10).

Fósseis: Invertebrados – Brachiopoda (*Scaphiocoelia?* sp. e *Australocoelia?* sp.), Bellerophonitida (*Plectonotus* sp.), Bivalvia (*Palaeoneilo* sp., *Grammysioidea* sp. e *Cucullella?* sp.) e Trilobita (*Burmeisteria notica* e *Metacryphaeus kegei*). Vertebrados - dentes bicúspides de Chondrichthyes; espinho de nadadeira de *Machaeracanthus* sp. e possível espinho de nadadeira de *Ctenacanthus* sp. Vegetais: *Spongiophyton* sp. e fragmentos indeterminados. Icnofósseis: *Skolithos* isp.; *Planolites* isp.; *Arenicolites* isp.; *Lophoctenium?* isp. e *Rusophycus* isp.

Litologia e observações gerais: Intercalação de argilitos e siltitos com arenitos muito finos a finos, esbranquiçados a amarelados, micáceos, com HCS e marcas de ondulações assimétricas, associados a numerosos intraclastos de argila, seixos de quartzo (centimétricos e angulosos a sub-arredondados) e feldspato alterado. Exibe granodecrescência ascendente. Os macrofósseis coletados nos arenitos finos amarelados com HCS (bivalvíos, belerofontídeos, trilobitas e espinhos de condrictes) são moldes e apresentam baixo grau de fragmentação, bordas bem preservadas e incrustação ausente. Os bivalvíos estão em sua maioria desarticulados, porém ocorrem algumas valvas articuladas. Neste horizonte, os macrofósseis estão dispersos e associados a numerosos intraclastos de argila e seixos de quartzo (maiores e mais alongados), na base dos arenitos. Em direção ao topo da mesma camada os fósseis são menores e mais fragmentados, e os intraclastos de argila e seixos de quartzo menores e mais arredondados. Os fragmentos vegetais estão distribuídos principalmente nos siltitos cinza com estratificação plano-paralela, mas

também são encontrados nos argilitos avermelhados e nos arenitos arroxeados muito finos. Concreções ferruginosas *in situ* estão presentes na base dos pacotes de arenitos com HCS de maior espessura; uma delas revelou fragmentos de *Spongiophyton* sp. Os icnofósseis ocorrem na base dos arenitos com HCS. O afloramento representa o topo da Formação Pimenteira na borda leste da bacia, e é citado por Janvier & Melo (1992) e Maisey & Melo (2005).

(9) Afloramento BR-407/km 3 (Picos 3) - a leste de Picos, na saída em direção a Petrolina, logo após o entroncamento para Recife. Município de Picos (Figura 11).

Fósseis: Invertebrados – Brachiopoda (*Montsenetes* cf. *M. boliviensis*).

Litologia e observações gerais: Arenitos muito finos, amarelados, micáceos, com lente de conglomerado bem selecionado (contendo pequenos intraclastos de argila e seixos de quartzo angulosos a sub-arredondados de 0,5 a 2 cm), na base do afloramento. Acima do conglomerado ocorre um intervalo constituído por arenito muito fino a fino, intercalado com siltitos esbranquiçados. Este arenito contém a maioria dos exemplares de *Montsenetes* cf. *M. boliviensis*, com valvas desarticuladas e grau de fragmentação intermediário. Os fósseis estão muito dispersos (menos de 10 num bloco de 24 x 80 x 90 cm), e além dos arenitos ocorrem também nos conglomerados. O local é citado por Fonseca (2001, 2004).

(10) Afloramento Riachão - estrada Picos – Itainópolis (BR-020), logo após o povoado de Riachão, a 27 km de Picos, no Município de Itainópolis (Figura 12).

Fósseis: Invertebrados: Brachiopoda (*Montsenetes* cf. *M. boliviensis*); Terebratulida e

Lingulida), Bellerophontida (*Plectonotus* sp. e *Bucanella?* sp.), Bivalvia (*Grammysioidea* sp.); Trilobita (*Burmeisteria notica*) e Tentaculitida (*Tentaculites* sp.). Vertebrados: espinhos e outros restos de Chondrichthyes. Vegetais: *Spongiophyton* sp. Icnofósseis: *Bifungites piawaiensis*; *Bifungites munizi*; *Planolites* isp.; *Palaeophycus* isp.; *Lockeia* isp.; *Arenicolites* isp. e *Rusophycus* isp.

Litologia e observações gerais:

Conglomerados finos a grossos, mal selecionados, com seixos de quartzo angulosos a arredondados, intercalados a arenitos finos (com HCS, micáceos e esbranquiçados a amarelados) e siltitos cinza-arroxeados. Os fósseis ocorrem de modo disperso nos arenitos finos acima dos conglomerados, nos próprios conglomerados e nos siltitos. Espinhos e um possível dente de condricte foram encontrados nos conglomerados, apresentando-se em geral bem preservados, com baixo grau de fragmentação. Os braquiópodes, belerofontídeos e bivalvíos geralmente ocorrem associados aos arenitos finos com HCS e intraclastos de argila, apresentando bordas bem preservadas, baixo grau de fragmentação e ausência de incrustações. Alguns destes exemplares ainda conservam restos de suas conchas, fato raro para os macrofósseis da Formação Pimenteira, onde predominam os moldes. Não há registros deste afloramento em trabalhos anteriores, provavelmente em face da reduzida dimensão vertical do mesmo. Apesar disso, sua fauna e flora apresentam um grau de preservação e diversidade superior ao dos outros afloramentos mais conhecidos, fato inesperado numa localidade onde os intervalos conglomeráticos são mais expressivos.

(11) Afloramento Itainópolis - corte rodoviário com extensão superior a 250 m, na entrada de Itainópolis (BR-020, rodovia “Frank Aguiar”), 45 km ao sul de Picos, no Município de Itainópolis (Figura 13).



Figura 11 Afloramento BR-407/km 3 (Picos 3): (A) aspecto geral da localidade e (B) visão em detalhe do intervalo fossilífero com *Montsenetes* cf. *M. boliviensis*. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.



Figura 12 Afloramento Riachão: (A) aspecto geral da localidade; (B) espinho de condricte; (C) *Tentaculites* sp.; (D) *Plectonotus* sp.; (E) espinho de condricte e (F) braquiópode lingulídeo (escalas = 1 cm). Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

Fósseis: Invertebrados: Brachiopoda (*Tropidoleptus carinatus* e Terebratulida); Bellerophonitida (*Plectonotus* sp.); Trilobita (*Burmeisteria notica*) e Bivalvia (*Nuculites?* sp.). Vertebrados: espinhos de Chondrichthyes. Vegetais: *Spongiophyton* sp. e fragmentos indeterminados. Icnofósseis: *Neoskolithos picosensis* Kegel, 1966; *Planolites* isp.; *Palaeophycus* isp.; *Zoophycus* isp.; *Spirophyton* isp.; *Arenicolites* isp.; *Rusophycus* isp.; *Skolithos* isp. e estruturas de escape.

Litologia e observações gerais: Intercalação de conglomerados finos, arenitos conglomeráticos, arenitos finos a médios (com HCS, esbranquiçados a avermelhados e micáceos), siltitos cinza a avermelhados, e argilitos cinza. A parte inferior do afloramento representa o topo da Formação Itaim e o contato concordante desta com a base da Formação Pimenteira. As clinofórmulas sigmoidais da Formação Itaim orientam-se predominantemente para NW e W, e se caracterizam por sua composição predominantemente arenítica. Cerca de um metro acima do contato com a Formação Itaim ocorre um nível de *Zoophycos/Spirophyton* no siltito cinza laminado, com espessura decimétrica, na base da Formação Pimenteira. O mesmo nível icnofossilífero aflora também no topo do Morro do Cruzeiro, na cidade de Itainópolis, atestando assim a sua notável persistência lateral. Fragmentos vegetais

são abundantes nos siltitos cinza, cerca de 5 m acima do plano de contato. Em blocos rolados de arenito fino foram encontrados moldes de *Tropidoleptus carinatus*, terebratulídeos e bellerofontídeos dispersos e com baixo grau de fragmentação, além de um espinho de Chondrichthyes no conglomerado fino, aparentemente oriundo do topo do afloramento. Fonseca & Melo (1987) publicaram a foto de uma laje de arenito fino a médio, micáceo, repleta de moldes de *Tropidoleptus carinatus*, intraclastos de argila e fragmentos de outros macrofósseis (Figura 13), demonstrando que nem todos os intervalos fossilíferos apresentam empacotamento disperso. O nível de *Neoskolithos* no topo do afloramento indica que houve ao menos um evento de erosão, pois embora *Neoskolithos* seja endostratal, encontra-se atualmente no topo da camada. O afloramento situa-se na área-tipo da Formação Itaim, tendo sido citado por Fonseca & Melo (1987), Janvier & Melo (1992), Carvalho *et al.* (1996), Caputo *et al.* (2005), Silva (2005) e Santos & Carvalho (2009).

(12) Afloramento PI-466/km 12 (Mucambo)

– arredores do povoado Mucambo, na estrada PI-466, 12 km após o entroncamento da BR-020 rumo a João Costa, no município homônimo (Figura 14). Localidade em frente à casa da família da Aldenora.



Figura 13 Afloramento Itainópolis: (A) aspecto geral da localidade (escala = 1 m); (B) *Tropidoleptus carinatus*; (C) fragmentos vegetais; (D) bloco rolado com grande concentração de *Tropidoleptus carinatus* (escala = 1 cm; Foto: J.H.G. Melo, 1986); (E) *Neoskolithos picosensis* (escala = 1 cm); (F) *Zoophycus* isp. e (G) *Plectonotus* sp. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

Fósseis: Invertebrados: Brachiopoda (*Scaphiocoelia?* sp.; *Schuchertella?* sp. e *Australocoelia?* sp.). Vegetais: *Spongiophyton* sp. e *Hostinella* sp. Icnofósseis: *Bifungites piauiensis*; *Skolithos* isp.; *Palaeophycus* isp.; *Arenicolites* isp.; *Lockeia* isp.; *Rusophycus* isp.; *Isopodichnus* isp.; *Cruziana* isp.; *Scolicia* isp.; *Planolites* isp.; *Bergaueria* isp.; *Lophoctenium* isp.; *Phycosiphon* isp.; *Diplichnites* isp. e *Protopalaeodictyon* isp.

Litologia e observações gerais: Na base da seção aflorante ocorrem conglomerados finos a médios e arenitos conglomeráticos, sucedidos por arenitos muito finos a finos (brancos a avermelhados, micáceos, com HCS e marcas de onda assimétricas, interferentes, com direções N e W), com intercalações de siltitos cinza muito micáceos e siltitos arenosos amarelados. Ao lado da estrada estão dispostas grandes lajes de arenitos finos repletas de icnofósseis, com braquiópodes dispersos no mesmo nível (registro raro de intervalo com coexistência destes fósseis), oriundas de estratos 20 cm abaixo do nível atual da estrada. Os icnofósseis e braquiópodes se concentram na base dos blocos de arenito, mas os primeiros também ocorrem nos siltitos. Fragmentos vegetais são encontrados nos siltitos cinza e arenitos muito finos avermelhados. Nos arenitos do topo do afloramento há algumas concreções *in situ*, aparentemente afossilíferas.

(13) Afloramento João Costa 1 - corte na PI-466, a cerca de 3 km da cidade de João Costa, em localidade defronte a casa cujo morador é conhecido como “Seu Formiga”. Município de João Costa (Figura 15).

Fósseis: Vegetais: fragmentos (eixos). Icnofósseis: *Bifungites piauiensis*; *Palaeophycus* isp.; *Lockeia* isp.; *Rusophycus* isp.; *Isopodichnus* isp.; *Cruziana* isp.; *Planolites* isp.; *Lophoctenium* isp.; *Phycosiphon* isp.; *Diplichnites* isp. e *Protovirgularia?* isp.

Litologia e observações gerais: Arenitos conglomeráticos intercalados a arenitos muito finos a grossos, siltitos e siltitos arenosos, muito micáceos. Os vegetais ocorrem nos siltitos e os icnofósseis nos arenitos e siltitos.

(14) Afloramento João Costa 2 - localidade na rodovia PI-466 cerca de 1 km antes da cidade de João Costa. Município de João Costa (Figura 16).

Fósseis: Vegetais: fragmentos indeterminados. Icnofósseis: *Palaeophycus* isp.; *Planolites* isp. e *Lophoctenium* isp.

Litologia e observações gerais: Arenitos finos com HCS, micáceos, intercalados a siltitos cinza com estratificação plano-paralela. Os

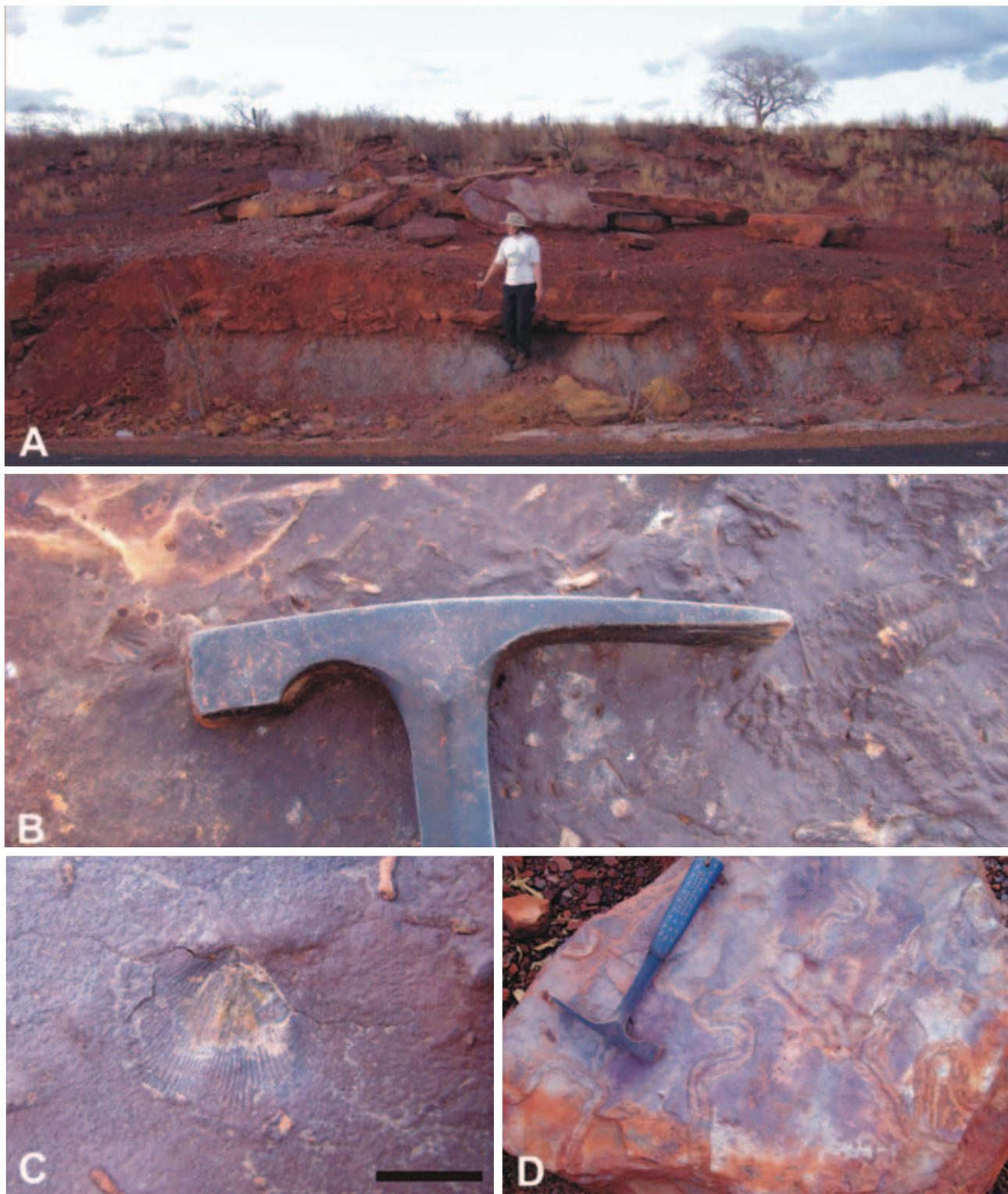


Figura 14 Afloramento PI-466/km 12 (Mucambo): (A) aspecto geral da localidade; (B) laje com braquiópode (à esquerda - *Australocoelia?* sp.) e diversos tipos de icnofósseis (à direita - *Rusophycus* isp.); (C) *Schuchertella?* sp. (escala = 1 cm) e (D) *Scolicia* isp. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

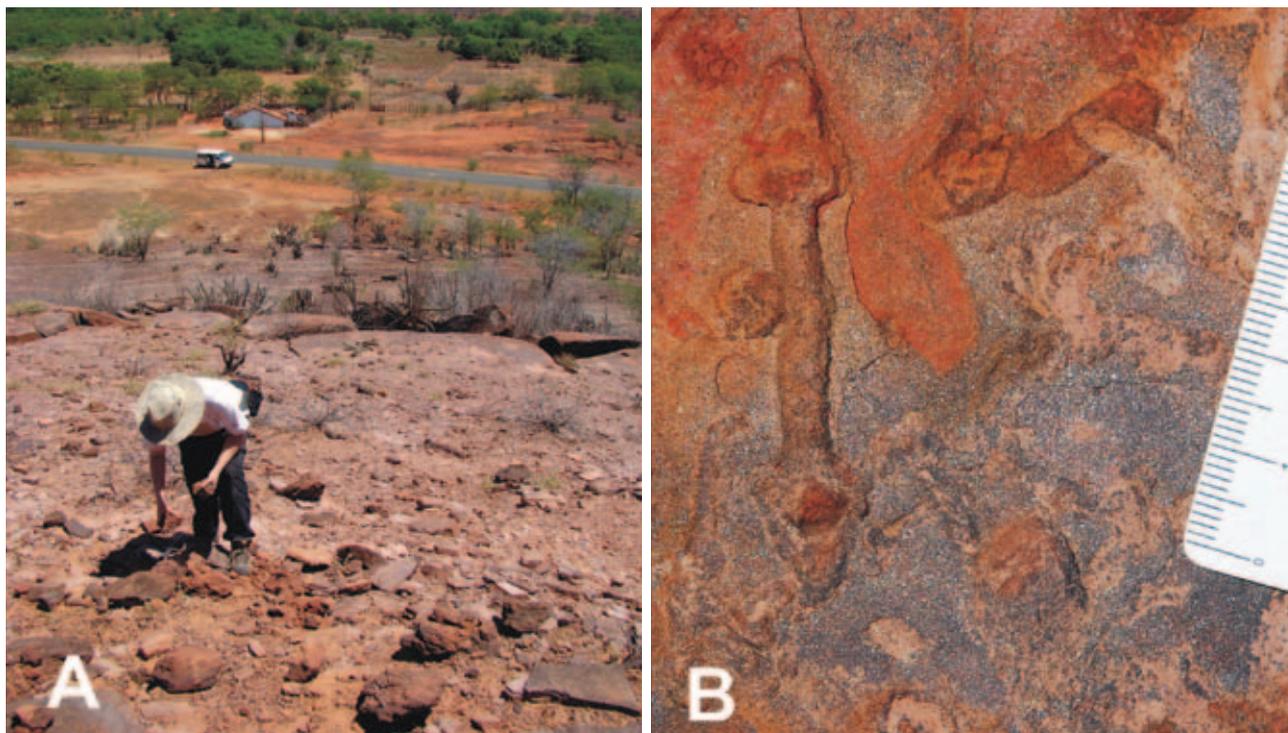


Figura 15 Afloramento João Costa 1: (A) aspecto geral da localidade e (B) *Bifungites piuiensis*. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.



Figura 16 Afloramento João Costa 2: aspecto geral da localidade. Foto: L.C.M.O.P., 2009.

vegetais ocorrem nos siltitos, e os icnofósseis nos arenitos e siltitos.

(15) Afloramento São João Vermelho – no povoado de São João Vermelho, 16 km após João Costa, no município de João Costa (Figura 17). O acesso também pode ser feito por Coronel José Dias, percorrendo-se 8 km a partir desta cidade pela BR-020 até a guarita 020, conhecida como guarita do desfiladeiro e, a partir dela, em estrada de terra por mais 18 km.

Fósseis: Vegetais: *Spongiophyton* sp. e fragmentos indeterminados (eixos). Icnofósseis: *Bifungites munizi*; *Phycosiphon incertum* Fischer-Ooster, 1858; *Bifungites* isp.; *Arenicolites* isp.; *Bergaueria?* isp.; *Lockeia* isp.; *Muensteria?* isp.; *Palaeophycus* isp.; *Planolites* isp. e *Skolithos* isp.

Litologia e observações gerais: Arenitos muito finos a médios, micáceos, com HCS e marcas de ondulações assimétricas, intercalados a siltitos cinza a arroxeados com estratificação plano-paralela. Presença abundante de concreções ferruginosas roladas (aparentemente afossilíferas) na parte intermediária do afloramento. Os siltitos cinza com fragmentos vegetais estão na base do afloramento, e os icnofósseis em arenitos e siltitos da parte intermediária e no topo. Apesar de não terem sido encontrados fósseis nas concreções, há o relato de funcionários do Museu do Homem Americano de trilobitas em concreções oriundas dessa localidade. O afloramento constitui a localidade-tipo de *Bifungites munizi*, e foi citado por Agostinho *et al.* (2004) e Silva (2005).

(16) Afloramento BR-020/km 120 (Capelinha 1) - corte rodoviário no povoado Capelinha, Município de João Costa (Figura 18).

Fósseis: Vegetais: fragmentos grandes e bifurcados. Icnofósseis: *Neoskolithos* isp.

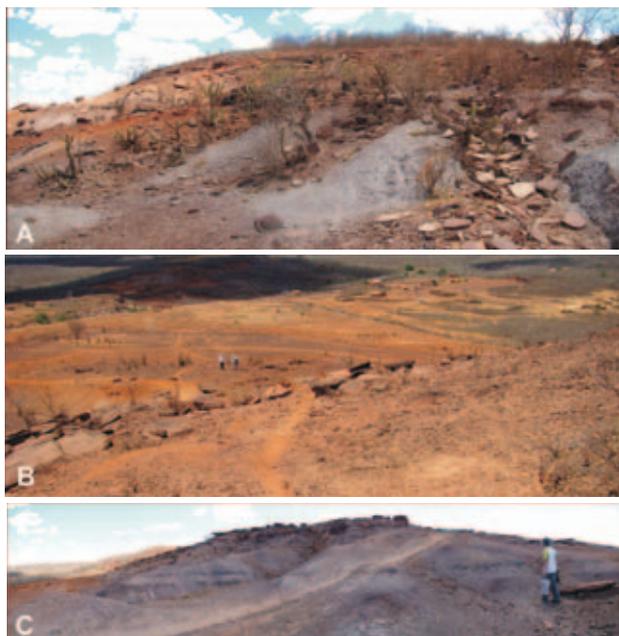


Figura 17 Afloramento São João Vermelho: (A) aspecto geral da parte superior do afloramento; (B) parte intermediária do afloramento e (C) parte basal do afloramento. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

Litologia e observações gerais: Observa-se neste afloramento o contato concordante entre as formações Itaim e Pimenteira: conglomerados com gradação normal, grossos na base (com calhaus de quartzo de até 17 cm) até finos, seguidos por arenitos grossos com estratificação cruzada, que desenvolvem um *hardground* com marcas de ondulações assimétricas no contato com os arenitos muito finos a finos com HCS, da base da Formação Pimenteira. Concreções ferruginosas afossilíferas estão presentes na parte superior do afloramento, ainda na parte inferior da Formação Pimenteira. Conclui-se daí que, apesar de geralmente mais abundantes no topo da formação (cf. Kegel, 1953), as concreções também ocorrem em outros intervalos desta unidade. Observaram-se exemplares de *Neoskolithos* isp. em arenitos finos do topo do afloramento, e fragmentos vegetais em blocos rolados.

(17) Afloramento BR-020/km 113 (Capelinha 2) – corte rodoviário no povoado Capelinha, Município de João Costa (Figura 19).

Fósseis: Invertebrados: Conulariida. Vegetais: *Spongiophyton* sp. e fragmentos indeterminados.

Litologia e observações gerais: Arenito muito fino, branco a arroxeadado, micáceo e com HCS,



Figura 18 Afloramento BR-020/km 120 (Capelinha 1): (A) aspecto geral da localidade e (B) *Neoskolithos* isp. Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.

intercalado a siltitos cinza. Na base do afloramento os siltitos cinza apresentam fragmentos vegetais. O intervalo onde foi encontrada a conulariida (arenito fino, no topo do afloramento) é muito bioturbado.

(18) Afloramento BR-020/km 112,5 (Capelinha 3) – corte rodoviário no povoado Capelinha, Município de João Costa (Figura 20).

Fósseis: Vegetais - *Spongiophyton* sp. e *Hostinella* sp. Icnofósseis: *Neoskolithos* isp.; *Palaeophycus* isp.; *Arenicolites* isp.; *Lockeia* isp. e *Rusophycus* isp.

Litologia e observações gerais: Arenitos finos, micáceos e com HCS intercalados a siltitos cinza, e argilitos avermelhados a acinzentados. Os vegetais ocorrem nos siltitos cinza da base do afloramento, e os icnofósseis nos siltitos e arenitos.

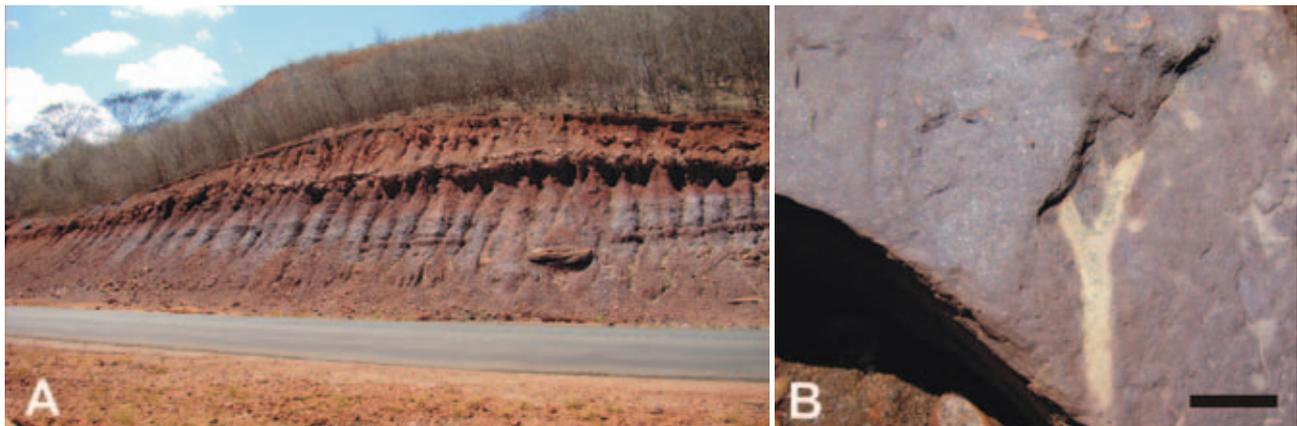


Figura 19 Afloramento BR-020/km 113 (Capelinha 2): (A) aspecto geral da localidade e (B) fragmento vegetal (escala = 1 cm).
Fotografias: L.C.M.O.P., 2009.



Figura 20 Afloramento BR-020/km 112,5 (Capelinha 3): aspecto geral da localidade. Foto: L.C.M.O.P., 2009.

5 Considerações Finais

Desde o trabalho pioneiro de Caster (1948) as tafocenoses da Formação Pimenteira têm sido caracterizadas como erráticas e associadas aos arenitos. Estas considerações iniciais, adotadas posteriormente na literatura, sofreram alterações significativas após a excursão realizada em 2009, que através da aplicação do modelo preditivo de sistemas flúvio-deltaicos dominados por inundações episódicas (Ponciano & Della Fávera, 2009), obteve êxito na busca por novos sítios e horizontes fossilíferos em depósitos com litologias diversas.

Na faixa expositiva da borda leste da bacia, as concentrações fossilíferas da Formação Pimenteira ocorrem principalmente na base de arenitos com estratificação cruzada *hummocky* (associados a intraclastos de argila e/ou seixos de quartzo), cuja origem é aqui atribuída a correntes de turbidez de águas rasas que depositaram lobos tabulares de frente deltaica em ambiente plataformal raso, de acordo com o modelo citado acima, constituindo concentrações parautóctones a alóctones. Os abundantes fragmentos vegetais e placas de mica associados aos siltitos teriam sido depositados a partir de porções mais distais das correntes de turbidez, corroborando a grande influência fluvial e deltaica nestes depósitos marinhos rasos. Deste modo, a presença de fitoclastos continentais não implica necessariamente numa maior proximidade da linha de costa, pois o alto grau de fragmentação e outras características tafonômicas observadas na maioria dos fitoclastos sugerem um relevante grau de transporte em direção ao interior da bacia. Devido à sua menor densidade, eles teriam sido transportados por suspensão até regiões mais distais (embora ainda em ambiente plataformal raso), constituindo concentrações alóctones.

O registro inédito, em intervalos conglomeráticos, de numerosos macrofósseis frágeis com boa preservação (*e.g.*, tentaculídeos e espinhos de condrites), bem como a ampla distribuição destes em afloramentos da Formação Pimenteira, constituem evidências que corroboram a aplicabilidade do modelo de inundações episódicas nesta unidade. Tais depósitos conglomeráticos, devido à sua maior proximalidade, teriam sofrido menor grau de transporte, justificando a melhor preservação até mesmo dos fósseis mais frágeis, que seriam parautóctones.

As concreções ferruginosas têm sido destacadas desde o início das pesquisas como excepcionalmente fossilíferas e portadoras dos exemplares mais bem

preservados. Porém, a presença de fósseis nas concreções parece ser uma peculiaridade do intervalo superior da Formação Pimenteira na região de Picos, e muitas destas apresentam apenas fragmentos de diversos tamanhos. A coleta excessiva realizada de 1946 até 1980, especialmente no afloramento Morro do Cemitério, parece ter esgotado este tipo de material. Verificou-se também que os intervalos com concreções *in situ* citados na literatura (cf. Kegel, 1953) atualmente são muito raros, seja devido às coletas anteriores, seja pela erosão natural ou antrópica e pela ocupação urbana dos morros nos arredores de Picos.

Fonseca & Melo (1987) e Carvalho *et al.* (1996) referiram à parte média da Formação Pimenteira (equivalente ao topo da unidade, quando somente a borda leste é considerada) os sítios que apresentam concreções ferruginosas e concentrações fossilíferas formadas por *Burmeisteria notica*, *Metacryphaeus kegeli*, *Grammysioidea* sp., conulárias, tentaculídeos, crinóides, terebratulídeos, conetáceos, espiriferídeos e restos de peixes. Foram classificadas como pertencentes à parte basal da formação as localidades cujas concentrações fossilíferas são compostas por *Tropidoleptus carinatus*, *Plectonotus* sp., *Nuculites* sp., *Spirophyton* isp., lingulídeos e orbiculóides.

Apesar de parcialmente aplicável a alguns afloramentos como os de Itainópolis e Morro do Cemitério, esta simplificação estratigráfica baseada no conjunto de macrofósseis ainda necessita de uma maior quantidade de dados para poder ser utilizada de modo mais confiável. Além disso, as aparentes variações faunísticas entre os intervalos estratigráficos da Formação Pimenteira foram interpretadas anteriormente (Fonseca & Melo, 1987; Carvalho *et al.*, 1996; Souza, 2006 e Santos & Carvalho, 2009) como sucessões de comunidades indicativas de ambientes litorâneos a plataformais, devido à correlação com as associações bentônicas de Boucot (1971, 1975). Entretanto, deve-se ressaltar que a definição destas associações paleoecológicas foi realizada sem uma análise tafonômica prévia, procedimento usual na época. Hoje em dia, é consenso que os processos tafonômicos modificam de diversas formas a composição e a distribuição espacial e temporal das comunidades, dificultando correlações diretas entre as tafocenoses e o paleoambiente habitado pelas biocenoses que as originaram, como é o caso dos depósitos da Formação Pimenteira.

A partir do levantamento e da catalogação de dados publicados sobre os sítios fossilíferos da Formação Pimenteira, Souza (2006) e Souza *et al.*

(2008) concluíram que todos os afloramentos desta unidade são distintos quando o critério utilizado para a correlação é somente a composição da fauna e flora fósseis. Além da já enfatizada necessidade de novos estudos e coletas sistemáticas de blocos *in situ*, a metodologia para a correlação dos intervalos fossilíferos vem sendo modificada. Atualmente, dá-se maior ênfase ao estabelecimento de semelhanças tafonômicas entre as concentrações fossilíferas, por constituir um procedimento mais eficaz tanto para as inferências paleoambientais e paleoecológicas quanto para futuras correlações estratigráficas.

Entretanto, devido à reduzida quantidade de material adequado para estudo, a tafonomia das concentrações fossilíferas da Formação Pimenteira ainda se encontra em desenvolvimento. A maioria dos exemplares atualmente disponíveis procede de intervalos com empacotamento muito disperso e de blocos deslocados do acamamento original, apesar de ainda se conservarem no afloramento de origem. Contudo, constatou-se até o momento que os atributos tafonômicos dos macrofósseis encontrados nos arenitos finos e siltitos da Formação Pimenteira são muito semelhantes às feições já observadas nas concentrações do Membro Passagem (Ponciano, 2009). Este fato tende a reforçar a antiga hipótese de Beurlen (1965) de vinculação genética entre estas duas unidades litoestratigráficas, utilizada em alguns trabalhos subsequentes (Beurlen & Mabesoone, 1969; Campanha & Mabesoone, 1974; Grahn *et al.*, 2008; Ponciano *et al.*, 2010 e Breuer & Grahn, 2011). Segundo tal interpretação, os arenitos givetianos do Membro Passagem constituem uma fácies proximal da Formação Pimenteira, isto é, a parte superior desta unidade na borda leste da Bacia do Parnaíba, separada dos arenitos famenianos da Formação Cabeças *sensu stricto* (Membro Oeiras) por meio de uma discordância regional, responsável pela atual ausência de estratos do neogivetiano ao Frasniano nesta região.

Com base no presente inventário dos sítios fossilíferos da Formação Pimenteira na borda leste da Bacia do Parnaíba, consideram-se como mais relevantes os afloramentos Morro Branco de Kegel, Rio Sambito, Morro do Cemitério, BR-316/km 318, Riachão, Itainópolis, PI-466/km 12 e São João Vermelho. Estas localidades são as mais citadas na literatura e/ou apresentam maior valor histórico e diversidade de tafocenoses capazes de fornecer dados sobre o paleoambiente deposicional, a gênese e a idade dos depósitos. Além disso, os fósseis estão

mais bem preservados e documentam de forma mais ampla as variações faunísticas e florísticas dos mares devonianos e dos ambientes flúvio-deltaicos do entorno.

Nestes afloramentos, todos localizados no Piauí, a tendência geral dos geocientistas sempre foi a de retirar a maior quantidade possível de fósseis do local, com o objetivo de salvá-los da destruição em lugares ermos e com uma população que ainda desconhece a sua importância científica e patrimonial. Deste modo, a conservação do patrimônio geológico/paleontológico da Formação Pimenteira na forma de coleções científicas era considerada o único modo viável de proteger os fósseis, depositando-os nos museus e universidades citados na introdução.

Entretanto, após o desenvolvimento de uma visão patrimonial mais integrada sobre os elementos da geodiversidade na última década, faz-se necessária uma reavaliação das estratégias de conservação aplicadas até o momento a estes fósseis. A coleta inadequada de material para as coleções pode resultar na inutilização científica dos fósseis para estudos posteriores, e até mesmo na destruição total de alguns afloramentos. Portanto, a principal vantagem em se promover a conservação *in situ* do patrimônio geológico/paleontológico da Formação Pimenteira é a manutenção do contexto original (sedimentológico, estratigráfico e tafonômico) e da integridade dos fósseis, minimizando os riscos de perdas (de material e de dados) inerentes aos procedimentos de coleta, transporte e guarda. Obviamente, a coleta criteriosa de material continuará sendo imprescindível para o desenvolvimento dos estudos e para a própria valoração dos sítios fossilíferos. Porém, a importância da conservação ao menos de parte dos afloramentos *in situ* ainda necessita ser mais difundida entre os geocientistas brasileiros. Tal política pode ser viabilizada adaptando-se as metodologias de manutenção de blocos testemunhos, praticadas na Arqueologia (Delphim, 2004), a fim de assegurar que ao menos parte dos sítios fossilíferos seja conservada em seu lugar de origem.

Além disso, a conservação *in situ* dos elementos da geodiversidade também permite a manutenção da potencialidade de desenvolvimento sustentável no local. No caso dos afloramentos da Formação Pimenteira, isso poderia ser concretizado em projetos conjuntos com as universidades locais e com o Parque Nacional da Serra da Capivara, que possui afloramentos com fósseis desta unidade

dentro de sua área. Este parque também está incluído na lista do patrimônio mundial da UNESCO e na lista de propostas do Projeto Geoparques da CPRM, o que poderia facilitar a proteção e divulgação dos sítios fossilíferos mais representativos da Formação Pimenteira no Estado do Piauí.

6 Agradecimentos

As autoras agradecem a José Henrique Gonçalves de Melo (Petrobras/Cenpes, Rio de Janeiro) e a Geoffrey Playford (The University of Queensland, Brisbane) por sugestões que resultaram no aprimoramento do texto e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro (Processos 401763/2010-2 e 401804/2010-0, do edital Fortalecimento da Paleontologia Nacional). L.C.M.O.P. também agradece ao CNPq pela Bolsa de Doutorado.

7 Referências

- Agostinho, S.; Viana, M.S.S. & Fernandes, A.C.S. 2004. Duas novas icnoespécies de *Bifungites* Desio, 1940 na Formação Pimenteira, Devoniano da Bacia do Parnaíba, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 62 (4): 519-530.
- Beurlen, K. 1965. Observações no Devoniano do Estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 37: 61-67.
- Beurlen, K. & Mabesoone, J.M. 1969. Novas observações sobre o Devoniano no Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 41: 199-210.
- Boucot, A.J. 1971. Malvinokaffric Devonian marine community distribution and implications for Gondwana. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 43: 23-49.
- Boucot, A.J. 1975. Silurian and Devonian biogeography In: ROSS, C. A. (Ed.) Paleogeographic provinces and provinciality. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, Tulsa, n. 21, p. 165-176.
- Breuer, P. & Grahn, Y. 2011. Middle Devonian spore stratigraphy in the eastern outcrop belt of the Parnaíba Basin, northeastern Brazil. *Revista Española de Micropaleontología*, 43: 19-38.
- Caldas, E.B.; Lima Filho, F.P. & Florêncio, C.P. 1987. Nova ocorrência de *Metacryphaeus* cf. *australis* no Devoniano médio da bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, 1987. *Anais*, Rio de Janeiro, SBP, v. 2, p. 539-544.
- Campanha, V.A. & Mabesoone, J.M. 1974. Paleoambiente e paleoecologia do Membro Picos, Formação Pimenteiras (Devoniano do Piauí). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, *Anais*, v. 2, SBG, p. 220-235.
- Campos, D.R.B. 1985. *Catálogo de fósseis tipo e figurados das coleções paleontológicas do DNPM*. I-Invertebrados. Brasil, DNPM, Brasília, Geologia 26. Paleontologia e Estratigrafia 1, 99 p.
- Caputo, M.V. 1984. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. University of California, PhD Thesis, 583 p.
- Caputo, M.V.; Iannuzzi, R. & Fonseca, V.M.M. 2005. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Parnaíba. *Phoenix*, 81:1-6.
- Carvalho, M.G.P. 1995. *Trilobitas do Devoniano da Bacia do Parnaíba*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 132 p.
- Carvalho, M.G.P.; Edgecombe, G.D. & Lieberman, B.S. 1997. Devonian calmonioid trilobites from the Parnaíba Basin, Piauí State, Brazil. *American Museum Novitates*, 3192: 1-11.
- Carvalho, M.S.S.; Santos, M.E.C.M. & Fonseca, V.M.M. 1996. Eventos biológicos no Devoniano da bacia do Parnaíba. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DO SILURO DEVONIANO, Ponta Grossa, 1996. *Anais*, Ponta Grossa, SBP, p.375-390.
- Caster, K.E. 1948. Excursão Geológica ao Estado do Piauí. *Mineração e Metalurgia*, 72: 271-272.
- Castro, J.S. 1968. Trilobitas da Formação Pimenteiras, Devoniano do estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40: 481-489.
- Delphim, C.F.M. 2004. *Patrimônio natural no Brasil*. Rio de Janeiro: IPHAN, 2004, 20p.
- Della Fávera, J.C. 1990. *Tempestitos da Bacia do Parnaíba: um ensaio holístico*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 243 p.
- Della Fávera, J.C. 2001. *Fundamentos de Estratigrafia Moderna*. EdUERJ, Rio de Janeiro, 264p.
- Dominici, S., 2004. Quantitative taphonomy in sandstones from an ancient fan delta system

- (Lower Pleistocene, Western Emilia, Italy). *Palaios*, 19: 193-205.
- Fernandes, A.C.S. 1985. Cnidários fósseis brasileiros: histórico das pesquisas e considerações sobre o seu desenvolvimento. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, Série Geologia. DNPM. Brasília, n. 27, p. 201-204.
- Fernandes, A.C.S.; Borghi, L.; Carvalho, I.S. & Abreu, C.J. 2002. *Guia dos Icnofósseis de Invertebrados do Brasil*. 1ª ed. Rio de Janeiro, Interciência, 260 p.
- Fonseca, V.M.M. & Melo, J.H.G. 1987. Ocorrência de *Tropiloleptos carinatus* (Conrad) (Brachiopoda, Orthida) na Formação Pimenteira, e sua importância paleobiogeográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro. *Anais*, Rio de Janeiro, SBP, p. 505-537.
- Fonseca, V.M.M. 2001. *Brachiopoda (Stropheodontoidea, Chonetoidea e Delthyridioidea) do Devoniano Médio das Bacias do Amazonas e Parnaíba*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade do Rio de Janeiro, 167 p.
- Fonseca, V.M.M. 2004. Chonetoidea (Brachiopoda) do Devoniano Médio das Bacias do Amazonas e Parnaíba, Brasil. *Archivos do Museu Nacional*, 62: 193-215.
- Fürsich, F.T.; Wilmsen, M.; Seyed-Emami, K.; Cecca, F. & Majidifard, M.R. 2005. The upper Shemshak Formation (Toarcian–Aalenian) of the Eastern Alborz (Iran): Biota and palaeoenvironments during a transgressive–regressive cycle. *Facies*, 51: 365–384.
- Grahn, Y.; Melo, J.H.G. & Loboziak, S. 2006. Integrated Middle and Late Devonian miospore and chitinozoan zonation of the Parnaíba Basin, Brazil: an update. *Revista brasileira de Paleontologia*, 9(3): 283-294.
- Grahn, Y.; Young, C. & Borghi, L. 2008. Middle Devonian chitinozoan biostratigraphy and sedimentology in the eastern outcrop belt of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 11: 137-146.
- Janvier, P. & Melo, J.H.G. 1992. New acanthodian and chondrichthyan remains from the Lower and Middle Devonian of Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paleontologie*, 4: 193-206.
- Kegel, W. 1953. *Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, 48 p. (Boletim 14).
- Kegel, W. 1961. Rasto de um trilobita (?*Homalonotus*) do Devoniano Inferior do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 33 (2): 163-167.
- Kegel, W. 1966. *Rastos do Devoniano da Bacia do Parnaíba*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, 32 p. (Boletim 233).
- Kräusel, R. & Dolianiti, E. 1957. Restos vegetais das camadas Picos, Devoniano inferior do Piauí. Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim, Rio de Janeiro, n.173, p.1-19, est. 1-5.
- Melo, J.H.G. 1985. *A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil: estado atual dos conhecimentos*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mestrado em Geologia, 1.357 p.
- Melo, J.H.G. 1988. The Malvinokaffric Realm in the Devonian of Brazil. In: N.J. MCMILLAN; A.F. EMBRY & D.J. GLASS (eds.). *Devonian of the World*. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, Calgary, v.14, n. 1, p. 669-703.
- Mutti, E., Davoli, G., Tinterri, R., Zavala, C. 1996. The importance of ancient fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonically active basins. *Estratto di Memorie di Scienze Geologiche*, 48: 233-291.
- Oliveira, J.C. & Barros, F.L. 1976. Projeto fosfato de São Miguel do Tapuío. Relatório Final. Recife: Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 175p.
- Plummer, F.B. 1948. Estados do Maranhão e Piauí. In: BRASIL, Conselho Nacional do Petróleo, Relatório de 1946. Rio de Janeiro, p. 87-134.
- Ponciano, L.C.M.O. 2009. *Tafofácies da Formação Cabeças, Devoniano da Bacia do Parnaíba, Piauí*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 100p.
- Ponciano, L.C.M.O. & Della Fávera, J.C. 2009. Flood-dominated fluvio-deltaic system: a new depositional model to Cabeças Formation, Parnaíba Basin, Piauí, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81 (4): 769-780.
- Ponciano, L.C.M.O.; Fonseca, V.M.M.; Fernandes, A.C.S.; Machado, D.M.C. & Souza, A.R. 2010. Afloramento Fossilífero de Oiti, Bacia do Parnaíba, PI - Registro de um mar devoniano no Nordeste do Brasil. In: WINGE,

- M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C.R.G.; FERNANDES, A.C.S.; BERBERT-BORN, M.; SALLUN FILHO, W.; QUEIROZ, E.T. (Org.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, vol. 3.
- Santos, R.S. 1961. Peixes fósseis do Devoniano inferior de Picos, Estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 33: 32.
- Santos, M.E.C.M. & Carvalho, M.S.S. 2009. *Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís*. Rio de Janeiro: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil, 2009. 226 p. CD-ROM.
- Silva, S.M.O.A. 2005. *Revisão sistemática de icnofósseis da Formação Pimenteira, Devoniano da Bacia do Parnaíba, no Estado do Piauí*. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 123p.
- Siviero, F.N. 2002. *Revisão sistemática das conulárias brasileiras*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 80p.
- Small, H.L. 1914. Geologia e suprimento d'água subterranea no Piauí e parte do Ceará. *Inspetoria de Obras Contra as Secas*, Rio de Janeiro, ser. I, D, 32, p. 1-146.
- Souza, A.R. 2006. *O conteúdo fossilífero da Formação Pimenteira como parte do Patrimônio Geológico brasileiro*. Monografia de graduação, Escola de Museologia, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 186 p.
- Souza, A.R.; Machado, D.M.C.; Faria, A.C.G.; Ponciano, L.C.M.O.; Vieira, A.C.M. & Lima, K.P. 2008. Caracterização da Formação Pimenteira, Devoniano da Bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43, Aracajú, 2008. *Coletânea de trabalhos completos*, Salvador, SBG, p. 839-843.
- Suárez-Riglos, M. 1967. *Some Devonian fossils from the State of Piauí, Brazil*. University of Cincinnati. M.Sc. Thesis, 121 p.
- Vaz, P.T.; Rezende, N.G.A.M.; Wanderley Filho, J.R. & Travassos, W.A.S. 2007. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15 (2): 253-263.