



AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DOS SÍTIOS PALEONTOLÓGICOS DA FORMAÇÃO IPU, SILURIANO DA BACIA DO PARNAÍBA, NOROESTE DO CEARÁ

Quantitative evaluation of paleontological sites of Ipu formation, silurian of the Parnaíba basin, northwestern Ceará

Evaluación cuantitativa de los sitios paleontológicos de la formación Ipu, siluriano de la cuenca de Parnaíba, Noroeste de Ceará

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v26.993>

Thiago de Albuquerque Lima¹

Maria Somália Sales Viana²

Paulo Victor de Oliveira³

Histórico do Artigo:
Recebido em 14 de outubro de 2023
Aceito em 19 de maio de 2024
Publicado em 26 de maio de 2024

RESUMO

A borda leste da Bacia do Parnaíba abriga sítios paleontológicos do Siluriano. Objetivou-se com esta pesquisa, identificar e analisar quantitativamente Locais de Interesse Geopaleontológicos (LIGp) da Formação Ipu no Ceará. Com base na metodologia de Brilha e utilizando-se da plataforma GEOSIT do Serviço Geológico do Brasil foram selecionados, classificados e quantificados os LIGp. Realizaram-se sete missões de campo resultando na identificação de nove sítios paleontológicos em quatro municípios: Sapó e Baixa Fria dos Santos, em Santana do Acaraú; Contra Fogo e Zipu, em Pacujá; Caveira e Floresta, em Cariré; Bica do Ipu, Três Pedras e Palmeirinha, em Ipu. Foram avaliados: valor científico, risco de degradação, prioridades de proteção, potencial uso educativo e turístico. Os sítios Contra Fogo e Zipu necessitam de proteção prioritária pois possuem alto risco de degradação; os demais, apesar de possuírem moderado risco de degradação, tem potencial uso educativo de

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC).

E-mail: limathial@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3445-8162>

² Professora adjunta do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA).

E-mail: somalia_viana@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-5961-2667>

³ Professor adjunto do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

E-mail: victoroliveira@ufpi.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-1841-9999>

relevância nacional, fazendo-se necessária a construção de um plano de conservação para todos. Como ponto de partida para o desenvolvimento de estratégias de geoconservação, sugere-se a inserção do conhecimento sobre o patrimônio paleontológico nos programas ambientais e educativos municipais, bem como o aproveitamento desses sítios paleontológicos no desenvolvimento regional sustentável através da economia, cultura e turismo.

Palavras-chave: Geoconservação. Patrimônio paleontológico. Sítios da geodiversidade. Geossítios. Paleoinvertebrados.

ABSTRACT

The eastern edge of the Parnaíba Basin is home to Silurian paleontological sites. The objective of this research was to identify and quantitatively analyze Geopaleontological Sites of Interest (LIGp) of the Ipu Formation in Ceará. Based on Brilha's methodology and using the GEOSSIT platform of the Geological Survey of Brazil, LIGp were selected, classified and quantified. Seven field missions were carried out resulting in the identification of nine paleontological sites in four municipalities: Sapó and Baixa Fria dos Santos, in Santana do Acaraú; Contra Fogo and Zipu, in Pacujá; Caveira and Floresta, in Cariré; Bica do Ipu, Três Pedras and Palmeirinha, in Ipu. The following were assessed: scientific value, risk of degradation, potential educational and tourist use and protection priorities. The Contra Fogo and Zipu sites require priority protection as they have a high risk of degradation; the others, despite having a moderate risk of degradation, have potential educational uses of national relevance, making it necessary to create a conservation plan for everyone. As a starting point for the development of geoconservation strategies, it is suggested the inclusion of knowledge about paleontological heritage in municipal environmental and educational programs, as well as the use of these paleontological sites in sustainable regional development through economy, culture and tourism.

Keywords: Geoconservation. Paleontological heritage. Geodiversity sites. Geosites. Paleoinvertebrates.

RESUMEN

El borde oriental de la cuenca de Parnaíba alberga sitios paleontológicos del Silúrico. El objetivo de esta investigación fue identificar y analizar cuantitativamente Sitios de Interés Geopaleontológico (LIGp) de la Formación Ipu en Ceará. Con base en la metodología de Brilha y utilizando la plataforma GEOSSIT del Servicio Geológico de Brasil, se seleccionaron, clasificaron y cuantificaron LIGp. Se realizaron siete misiones de campo que resultaron en la identificación de nueve sitios paleontológicos en cuatro municipios: Sapó y Baixa Fria dos Santos, en Santana do Acaraú; Contra Fogo y Zipu, en Pacujá; Caveira y Floresta, en Cariré; Bica do Ipu, Três Pedras y Palmeirinha, en Ipu. Se evaluaron: valor científico, riesgo de degradación, potencial uso educativo y turístico y prioridades de protección. Los sitios Contra Fogo y Zipu requieren protección prioritaria ya que tienen un alto riesgo de degradación; los demás, a pesar de tener un riesgo moderado de degradación, tienen potenciales usos educativos de relevancia nacional, por lo que es necesario crear un plan de conservación para todos. Como punto de partida para el desarrollo de estrategias de geoconservación, se sugiere la inclusión del conocimiento sobre el patrimonio paleontológico en los programas ambientales y educativos municipales, así como el uso de estos sitios paleontológicos en el desarrollo regional sustentable a través de la economía, la cultura y el turismo.

Palabras clave: Geoconservación. Patrimonio paleontológico. Sitios de geodiversidad. Geosítios. Paleoinvertebrados.

INTRODUÇÃO

Patrimônio está associado à herança e a valores, sejam estes físicos ou abstratos. Esses valores, ampliados ou perdidos, passam de geração em geração. O Patrimônio Natural é formado por monumentos naturais constituídos por formações físicas e biológicas, formações geológicas e fisiográficas, além de sítios naturais (UNESCO, 1972) que podem ser conservados ou destruídos, a depender da gestão desses elementos.

O conceito proposto pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) traz claras referências geológicas, contudo, ainda que nosso planeta seja fisicamente diverso, “diversidade na natureza é geralmente entendida como biodiversidade ou diversidade da natureza viva” (Milton, 2002). A natureza não viva, abiótica ou geodiversidade raramente é apreciada pelo público, mas sem ela e os recursos a ela associados a vida moderna não poderia existir.

A geodiversidade representa a natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, fósseis, água, solos e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra (CPRM, 2006).

Componente do Patrimônio Natural, o Patrimônio Geológico representa os elementos da geodiversidade que são essenciais para a compreensão da história geológica da Terra, configurando-se como memória e recurso a ser protegido (preservado ou conservado) para a atual e futuras gerações (Moura, 2018). A proteção destes elementos excepcionais atrelados à conservação da natureza e ao desenvolvimento sustentável é a proposta da geoconservação enquanto ciência (Brilha et al., 2018; Brilha, 2005); Henriques et al., 2011; Carcavilla, 2012).

O patrimônio paleontológico, como categoria do patrimônio geológico e parte integrante da geodiversidade, compreende o conjunto de ocorrências fossilíferas de determinada área (patrimônio *in situ*), bem como os fósseis retirados de seus locais de origem, tombados em coleções museológicas ou de universidades (patrimônio *ex situ*), que possuem valores científico, educativo e cultural. Um depósito fossilífero é considerado um sítio paleontológico quando é um local reconhecido pela notável presença de fósseis que foram ou que estão sendo estudados, tornando-se passível de tombamento como monumento natural (Viana, 2018).

Na legislação do país, os fósseis brasileiros e os sítios paleontológicos em território nacional também são considerados como bem da União e como patrimônio cultural (Decreto-Lei 4.146 de 1942; Artigo 216 da Constituição Federal de 1988), devendo necessariamente serem protegidos. Dessa forma, os fósseis compreendem uma pluralidade patrimonial (mundial, geológico, natural e cultural) que os reveste de imensurável notoriedade na cidadania de uma nação, contribuindo para o seu enriquecimento.

A preservação dos elementos da geodiversidade e as maneiras de quantificá-los constituem estratégias de geoconservação e podem recorrer a índices relativamente subjetivos e qualitativos que, quando ponderados, traduzem o estado de conservação momentâneo dos elementos abióticos da natureza e seus usos potenciais (Uceda, 2000; Brilha, 2005; Worton, 2008; Mansur, 2010; Brilha, 2015). Alguns locais podem ser considerados geossítios, onde representam a unidade básica do patrimônio geológico (Henriques et al. 2011), em torno do qual toda estratégia de proteção é delineada (Prosser et

al, 2018). A visão do cuidado para com a geodiversidade relacionada aos sítios com valores patrimoniais é encontrada em Brilha (2005, 2016 e 2018) e Nascimento (2008).

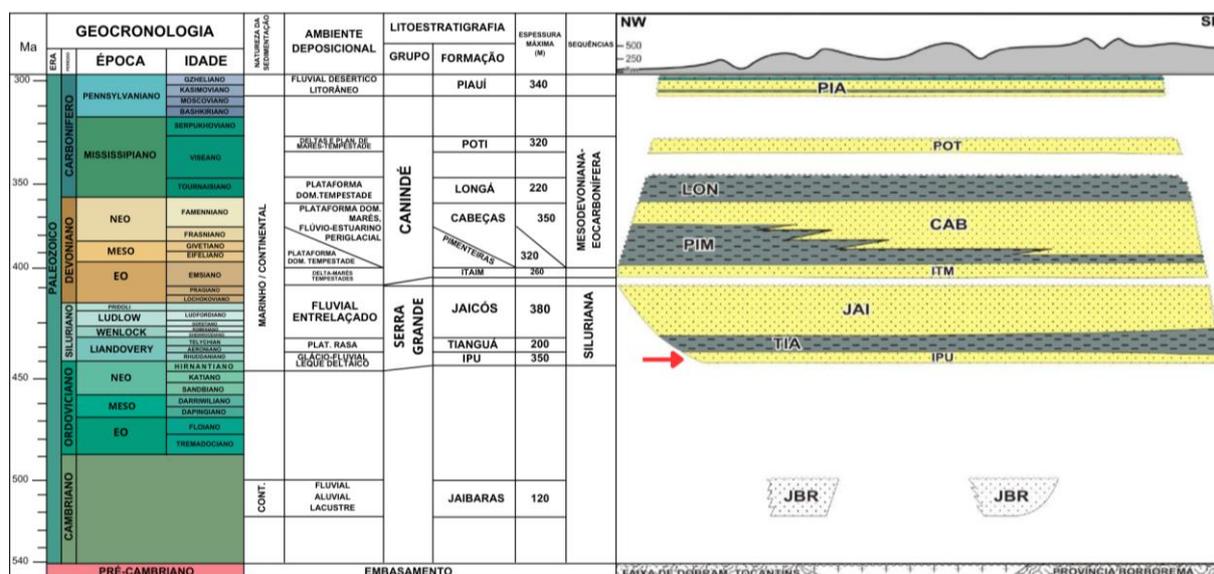
O Planalto da Ibiapaba, megaforma de relevo denominado de Serra da Ibiapaba no seu segmento setentrional e de Serra Grande no segmento meridional (Claudino-Sales, 2020), possui inúmeros sítios paleontológicos com fósseis do Paleozoico que testemunham sua história geológica. Nesta região, as pesquisas paleontológicas são relativamente recentes, começando, de maneira sistemática, a partir da instalação do Laboratório de Paleontologia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (LABOPALEO/UVA) em 2003. Os trabalhos do LABOPALEO com fósseis da Serra da Ibiapaba começam em 2004 com a descoberta e estudo dos sítios paleontológicos na região do município de Pacujá-CE. O trabalho de Viana *et al.* (2010) e a tese de doutorado de Barroso (2016) são dois marcos científicos das pesquisas nesta região. Para a Formação Ipu, objeto deste estudo, estes e outros trabalhos publicados ou em estudos de dissertação e mestrado (Souza *et al.*, 2015; Rusinelli & Ricardi-Branco, 2019, 2020; Soares, 2017; Viana, 2018; Viana *et al.*, 2023) já demonstram o potencial paleontológico do território, a importância paleoambiental dos afloramentos, contudo também revelam um elevado grau de degradação por processos erosivos naturais e intervenções antrópicas, que podem resultar na perda parcial ou total das informações científicas.

Objetivou-se com a pesquisa identificar e analisar quantitativamente os sítios paleontológicos da Formação Ipu no Estado do Ceará, elaborando o primeiro inventário desses locais como estratégia de geoconservação. O objeto do estudo foram os Lugares de Interesse Geopaleontológicos (LIGp) da Formação Ipu nos municípios de Pacujá, Cariré, Ipu e Santana do Acaraú.

GEOLOGIA DOS SÍTIOS PALEONTOLÓGICOS EM ESTUDO

A área desta pesquisa assenta-se em terrenos do Grupo Serra Grande da Bacia do Parnaíba, que é composto por três formações sedimentares dispostas em forma ascendente, Ipu, Tanguá e Jaicós (Figura 1). Essas unidades compõem a Sequência Tectônica Siluriana que corresponde a um ciclo transgressivo-regressivo completo, representando sistemas continentais e costeiros (Vaz *et al.*, 2007). As rochas do Grupo podem ser observadas em afloramentos na borda leste da bacia, dispostas em uma faixa de direção norte-sul e ainda em direção nordeste, na região de Santana do Acaraú, sobrepondo rochas do embasamento cristalino (Barrera, 2018).

Figura 1: Seção da Carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba, evidenciando a Formação Ipu.



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Vaz *et al.* (2007).

A unidade litoestratigráfica estudada neste trabalho é a Formação Ipu em sua porção cearense, aflorante em uma pequena faixa no limite mais oriental da Bacia do Parnaíba, sendo a porção basal da mesma e também do Grupo Serra Grande (Figura 01). A sedimentação da Formação Ipu representa sistemas deposicionais fluviais e deltaicos (Vaz *et al.*, 2007; Góes & Feijó, 1994), sendo caracterizada pela ocorrência de conglomerados com matriz feldspática areno-argilosa com seixos de quartzo, ardósia, quartzito e arenitos grossos, de cor cinza, mal selecionados (CPRM, 2014). Suas rochas foram depositadas em ambiente glacial proximal, glacio-fluvial, leques ou frentes deltaicos (Caputo, 1984). Os afloramentos destes depósitos estão distribuídos principalmente numa estreita faixa de terra em sentido Norte-Sul que vai do município de Graça até Ipeiras, mas ocorrem também na região de Santana do Acaraú, seguindo o deslocamento sentido NE-SW através do o Lineamento Transbrasiliiano (LTB), localmente denominada Lineamento Sobral-Pedro II.

Esta unidade possui conteúdo fossilífero constituído por moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis de invertebrados marinhos, depositados em ambientes costeiros e estuarinos, de alta energia e influência de ondas (Barroso, 2016; Viana *et al.*, 2010).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a seleção dos geossítios do inventário, este trabalho utilizou como base a metodologia de Brilha (2016) adaptada às particularidades do patrimônio paleontológico, as quais são descritas abaixo:

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi realizada em vista de caracterizar a área de estudo em termos geológicos, geomorfológicos e paleontológicos para identificar potenciais geossítios. Foram realizadas buscas sistemáticas em bases de dados como Periódicos CAPES, Scopus, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, ScienceDirect, CrossRef, Academia, Google Acadêmico. Para isso foram consideradas as seguintes expressões de busca: Formação Ipu, icnofósseis, Bacia do Parnaíba, sítios paleontológicos, geoconservação. Os critérios de seleção incluíam artigos, dissertações e/ou teses em língua inglesa, espanhola e portuguesa. A inclusão de dissertações e teses na revisão bibliográfica justifica-se na baixa produção de artigos específicos sobre os fósseis da Formação Ipu, estando a maior parte dos estudos conduzidos nesta área até o momento, em trabalhos finais de mestrado e doutorado.

Os registros identificados continham alguma das expressões citadas anteriormente nos campos da base de dados (título, resumo ou palavras-chave) e foram publicados entre 2000 e 2023. Após a análise, foram selecionados os trabalhos que atendiam os objetivos delimitados. De modo a sistematizar os resultados obtidos, também foram consultados livros e relatórios técnicos. A avaliação ocorreu de forma qualitativa, a partir da leitura dos materiais identificados, visando delinear a abordagem geral e os resultados obtidos.

CONSULTA A ESPECIALISTAS

Foram consultados seis pesquisadores, todos biólogos, que desenvolveram ou desenvolvem investigações nos municípios da área de estudo. Estes são ou foram membros do Herbário da UVA ou do Grupo de Pesquisas Paleontológicas no Noroeste Cearense.

LISTA PRELIMINAR DE LOCAIS DE INTERESSE PALEONTOLÓGICO

Com base na literatura e pesquisadores consultados foi elaborada uma lista preliminar de LIgP. Estes foram previamente reconhecidos por imagens de satélite através do Google Maps e plotados em mapas para localização (Figura 2). Para inserção no banco de dados do LABOPALEO, a identificação dos pontos seguiu o seguinte padrão: Sigla do município, sublinhado, nome do especialista consultado ou autor do trabalho, sublinhado, ano de publicação do trabalho (se aplicável), sublinhado, numeração do ponto (quando há mais de um ponto no município indicado pelo mesmo especialista ou trabalho); todos os caracteres são maiúsculos e não há espaçamento entre eles. Exemplo: SIGLA_AUTOR_ANO_NUMERO.

José, em Sobral-CE, sob os tombos MDJ Cn 147 a 155 para estudos futuros de icnotaxonomia e paleoecologia. A autorização para extração desses fósseis está registrada no requerimento 052/2020 do Controle das Autorizações e Comunicações de Extração de Fósseis.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação quantitativa foi realizada utilizando a plataforma GEOSSIT da CPRM (Serviço Geológico do Brasil) que é um sistema de uso público para o cadastro de sítios geológicos (lugares, "in situ") e elementos geológicos móveis (materiais, "ex situ") existentes no território nacional. O inventário do patrimônio geológico do Brasil, em progressiva construção na interface, inclui a quantificação do interesse geocientífico levando-se em consideração a representatividade, singularidade, raridade, expressão e integridade dos aspectos geológicos desses locais e elementos, além da clareza em retratar temas, fatos, processos, fenômenos ou eventos geológicos relevantes (SBG/CPRM, 2024). Neste estudo serviu-se de todos os critérios do programa sem exclusão, observando porém as particularidades do patrimônio paleontológico.

No GEOSSIT, cada critério de avaliação apresenta um número específico de parâmetros com pesos distintos. Para cada critério, seleciona-se o parâmetro mais próximo à realidade do local em avaliação, sendo valorados em 1, 2 e 4. Para os casos onde nenhum dos parâmetros mostra-se adequado, considera-se a opção "não se aplica" (NA), com pontuação zero.

A quantificação do valor científico (VC) no GEOSSIT integra sete critérios, cada um com um determinado peso relativo que reflete a importância para o cálculo final do valor científico: A1) Representatividade (30%); A2) Local-Tipo (20%); A3) Conhecimento Científico (5%); A4) Integridade (15%); A5) Diversidade geológica (5%); A6) Raridade (15%) e A7) Limitações de Uso (10%).

Para o cálculo do risco de degradação, o método utiliza cinco critérios: B1) Deterioração dos conteúdos geológicos (35%); B2. Proximidade a zonas degradadoras (20%); B3) Proteção Legal (20%); B4) Acessibilidade (15%) e B5) Densidade Demográfica (10%). A partir dos resultados obtidos, o método classifica o risco em três níveis: baixo (inferior ou igual a 200), moderado (entre 201 e 300) e alto (entre 301 e 400). Para a avaliação do potencial uso educativo e turístico (PUE e PUT), são usados 15 critérios (Tabela 1).

Tabela 1: Critérios e pesos para a avaliação do potencial uso educativo e turístico.

Potencial de Uso Educativo e Turístico		
Critério	Peso Educativo	Peso Turístico
C1. Vulnerabilidade	10%	10%
C2. Acessibilidade	10%	10%
C3. Limitações de Uso	5%	5%
C4. Segurança	10%	10%
C5. Logística	5%	5%
C6. Densidade demográfica	5%	5%
C7. Associação com outros valores	5%	5%
C8. Beleza cênica	5%	15%
C9. Singularidade	5%	10%
C10. Condições de observação	10%	5%
C11. Potencial didático	20%	-
C12. Diversidade geológica	10%	-
C13. Potencial para divulgação	-	10%
C14. Nível econômico	-	5%
C15. Proximidade a zonas recreativas	-	5%

Fonte: Plataforma GEOSSIT.

Ao final, os sítios podem ser classificados em três categorias de relevância: internacional ($VC \geq 300$); nacional ($VC \geq 200$ e $VC \leq 200$ com PUE ou PUT ≥ 200); e regional ($VC < 200$ e PUE ou

PUT \leq 200). Ao final, os sítios podem ser classificados como geossítios (VC \geq 200) ou sítios da geodiversidade (VC $<$ 200), assim como em três categorias de relevância: internacional (VC \geq 300); nacional (VC $>$ 200 e VC \leq 200 com PUE ou PUT \geq 200); e regional (VC $<$ 200 e PUE ou PUT \leq 200). Pelas especificidades e importância do patrimônio paleontológico no país, apesar de Brilha (2016) considerar geossítios apenas os locais com alto valor científico, utilizou-se nesta pesquisa a nomenclatura de sítios paleontológicos tanto para geossítios como para sítios da geodiversidade cujo interesse geológico principal estivesse relacionado à paleontologia.

Para definir a prioridade de proteção dos sítios geológicos, o GEOSSIT utiliza um procedimento adaptado de Garcia-Cortés & Carcavilla (2009) que distingue as prioridades em função do valor científico, risco de degradação e uso educativo e turístico. Para cada um dos casos, a Prioridade de Proteção (PP) resulta da soma do valor científico ou do uso com o risco de degradação e pode ser classificada em quatro intervalos: i) Longo Prazo (PP \leq 300); ii) Médio Prazo (300 $<$ PP \leq 550); iii) Curto Prazo (550 $<$ PP \leq 750) e iv) Urgente (PP $>$ 750).

RESULTADOS

LISTA FINAL DE SÍTIOS PALEONTOLÓGICOS E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

Foram listados os sítios paleontológicos de nove localidades (Tabela 2) que foram visitadas, quantificadas, classificadas e descritas.

Tabela 2: Listagem de Sítios paleontológicos, localização, altitude e regimes de propriedade e proteção. APP: Área de Preservação Permanente (Brasil, 2012).

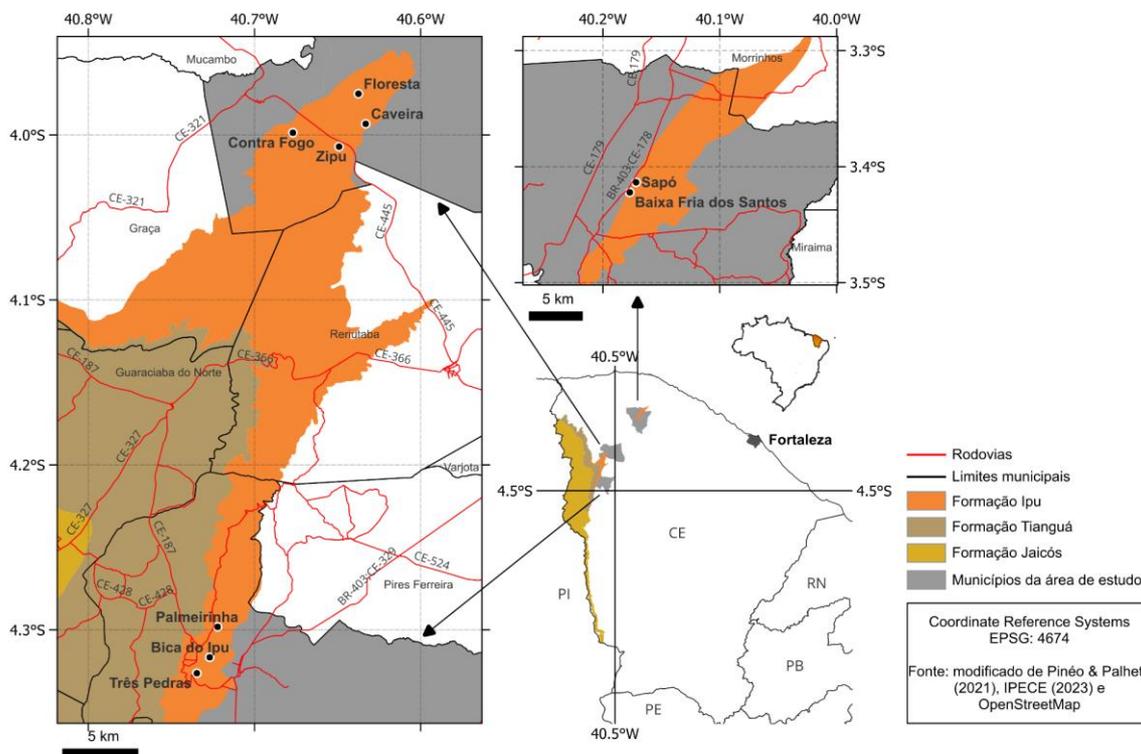
Sítio Paleontológico	Município	Coordenada geográfica	Altitude	Regime de propriedade	Regime de proteção
Baixa Fria dos Santos	Santana do Acaraú	3.422222° S 40.176944° W	54 m	Privado	Não se aplica
Sapó	Santana do Acaraú	3.413550° S 40.171564° W	80 m	Público	Não se aplica
Contra Fogo	Pacujá	3.998650° S 40.676868° W	181 m	Privado	Não se aplica
Zipu	Pacujá	4.007542° S 40.649206° W	240 m	Misto	Não se aplica
Caveira	Cariré	3.993250° S 40.633056° W	196 m	Público	Não se aplica

Sítio Paleontológico	Município	Coordenada geográfica	Altitude	Regime de propriedade	Regime de proteção
Floresta	Cariré	3.975028° S 40.637431° W	221 m	Público	Não se aplica
Bica do Ipu	Ipu	4.316667° S 40.726944° W	405 m	Público	APP Estadual
Três Pedras	Ipu	4.327297° S 40.733375° W	623 m	Público	APP Estadual
Palmeirinha	Ipu	4.298171° S 40.722165° W	640 m	Misto	APP Estadual

Fonte: elaborado pelo autor, modificado de Moura (2018). Sistema de coordenadas EPSG 4674

Os nove sítios paleontológicos da listagem final foram plotados em mapa contendo a indicação das unidades geológicas do Grupo Serra Grande para melhor visualização espacial da sua inserção nos terrenos da Formação Ipu (Figura 3).

Figura 3: Mapa dos sítios paleontológicos da Formação Ipu com as unidades geológicas do Grupo Serra Grande da Bacia do Parnaíba e principais rodovias de acesso.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor científico (VC) obtido para os sítios paleontológicos (Tabela 3) variou entre 110 e 325 (para um máximo de 400 pontos). Quatro sítios, Contra Fogo, Bica do Ipu, Três Pedras e Palmeirinha, apresentaram VC acima de 200, sendo assim considerados geossítios, enquanto os demais foram considerados sítios da geodiversidade: Zipu, Caveira, Floresta, Sapó e Baixa Fria dos Santos. Apesar da sua classificação como sítios da geodiversidade, estes também foram considerados em todas as avaliações pelas particularidades de proteção ao Patrimônio Cultural da Nação (fósseis e sítios fossilíferos) determinados pela atual Constituição Brasileira.

Tabela 3: Avaliação quantitativa do valor científico (VC) e risco de degradação (RD) dos sítios paleontológicos por meio da plataforma GEOSSIT.

Sítio Paleontológico	Valor Científico (A)							Risco de Degradação (B)						
	1	2	3	4	5	6	7	VC	1	2	3	4	5	RD
Baixa Fria dos Santos	1	0	4	1	2	1	4	110	4	1	4	3	1	295
Sapó	1	0	4	1	2	1	0	130	4	1	4	3	1	295
Contra Fogo	4	4	4	4	2	1	2	325	4	4	3	1	1	305
Zipu	1	0	4	2	2	1	4	145	4	4	4	2	1	340
Caveira	1	0	2	1	1	1	4	115	4	1	4	2	1	280
Floresta	2	0	0	2	2	1	4	155	3	1	4	2	1	245
Bica do Ipu	2	4	4	2	4	1	4	265	2	0	2	3	1	165
Três Pedras	2	0	1	4	2	2	4	205	2	2	2	1	1	175
Palmeirinha	2	0	1	4	2	2	4	205	3	1	2	2	1	205

Fonte: elaborado pelo autor, modificado de Moura (2018).

Nota: Nomenclatura dos parâmetros utilizados. Valor Científico: A1) Representatividade; A2) Local-Tipo; A3) Conhecimento Científico; A4) Integridade; A5) Diversidade geológica; A6) Raridade; A7) Limitações de Uso. Risco de Degradação: B1) Deterioração dos conteúdos geológicos; B2) Proximidade a zonas degradadoras; B3) Proteção Legal; B4) Acessibilidade; B5) Densidade Demográfica.

Os critérios que receberam as maiores pontuações na avaliação do valor científico foram Conhecimento Científico, Diversidade Geológica e Limitações de Uso. Com base no valor deste conjunto de critérios, a classificação de relevância aponta para o predomínio de geossítios, um de relevância internacional (Contra Fogo), seguido de três geossítios de relevância nacional (Bica do Ipu, Três Pedras e Palmeirinha), quatro sítios da geodiversidade de relevância nacional (Zipu, Floresta, Caveira e Sapó) e um sítio da geodiversidade de relevância regional/local (Baixa Fria dos Santos).

O sítio paleontológico Contra Fogo atingiu altas pontuações no valor científico, apresentando os seguintes aspectos: 1. ambientação geológica diversa no sítio e áreas adjacentes, sendo possível observar a sequência estratigráfica de algumas unidades das bacias do Jaibaras e do Parnaíba, exibindo inclusive um perfil estratigráfico completo ao longo do Riacho Lameirão; 2. riqueza de detalhes dos processos tafonômicos de conservação dos espécimes de anêmonas-do-mar; 3. alta diversidade de icnogêneros; 4. estudos de detalhe (dissertação, tese e artigos científicos); 5. comprovada raridade de ocorrência de organismos de corpo mole e dos seus processos fossilíferos de conservação impressionantes em sedimentos grossos; 6. possibilidade de fácil acesso, no caso de visita aberta a todos os públicos (terreno plano com percurso arborizado).

Por outro lado, o sítio paleontológico Bica do Ipu recebeu as maiores pontuações para Local-tipo por possuir as seguintes características: 1. presença de um estratotipo; 2. contato geológico marcante entre o embasamento cristalino e a bacia sedimentar do Parnaíba, apresentado em uma cachoeira; 3. exibição didática da definição do relevo de *glint*; 4. relevo em escarpa; 5. presença de fósseis de anêmona-do-mar. Todos esses atributos contribuem para elevar o seu VC.

O risco de degradação obtido variou entre 165 e 340 (para um valor máximo de 400 pontos). De acordo com os intervalos de risco, dois sítios geológicos foram classificados com alto risco de degradação e os outros sete sítios com risco moderado (Tabela 5).

O potencial uso educativo obtido para os sítios paleontológicos variou entre 195 a 265 pontos (para um valor máximo de 400 pontos) (Tabela 4). Os sítios que obtiveram melhores pontuações neste critério apresentaram ótimas características de: 1. condições de acesso e logística para grupos de visitantes; 2. fósseis descritos apenas para essa região com boas condições de observação, porém alta vulnerabilidade (Bica do Ipu, Contra Fogo, Zipu, Três Pedras e Palmeirinha); 3. serem sítios mais distantes de centros urbanos e de maior extensão. Os sítios que obtiveram valores inferiores a 200 pontos se caracterizam por serem vulneráveis, de difícil acesso e com baixo potencial didático, sendo eles Floresta, Caveira, Sapó e Baixa Fria dos Santos.

Tabela 4: Avaliação quantitativa do potencial uso educativo e turístico dos sítios paleontológicos da Formação Ipu por meio da plataforma GEOSSIT.

Sítio Paleontológico	Potencial de Uso Educativo e Turístico (C)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PE	13	14	15	PT
Baixa Fria dos Santos	1	1	1	1	3	1	2	0	4	4	2	3	195	3	1	0	160
Sapó	1	3	4	1	3	1	2	0	4	4	2	2	220	3	1	0	195
Contra Fogo	1	1	4	2	4	1	2	0	4	4	2	3	225	3	1	4	210
Zipu	2	2	4	2	4	1	2	0	4	4	2	3	245	3	1	1	215
Caveira	1	2	4	2	4	1	2	0	4	4	2	1	240	3	1	1	210
Floresta	1	2	4	2	4	1	3	0	4	4	2	3	225	3	1	3	220
Bica do Ipu	1	3	4	2	4	1	4	2	4	4	2	3	265	3	1	4	270
Três Pedras	4	1	4	2	4	1	4	0	4	4	4	3	305	4	1	4	260
Palmeirinha	3	2	4	2	4	1	4	0	4	4	4	4	315	2	1	4	260

Fonte: elaborado pelo autor, modificado de Moura (2018).

Nota: Nomenclatura dos parâmetros utilizados. C1) Vulnerabilidade. C2) Acessibilidade. C3) Limitações de Uso. C4) Segurança. C5) Logística. C6) Densidade Demográfica. C7) Associação com outros valores. C8) Beleza Cênica. C9) Singularidade. C10) Condições de Observação. C11) Potencial Didático. C12) Diversidade Geológica. C13) Potencial para Divulgação. C14). Nível Econômico. C15) Proximidade a Zonas Recreativas.

O potencial uso turístico obtido variou entre 190 e 270 pontos (para um valor máximo de 400 pontos) (Tabela 3). Os geossítios que apresentam características geomorfológicas que potencializam o uso turístico devido ao valor estético associado obtiveram a maior pontuação: Bica do Ipu, Zipu, Três Pedras e Palmeirinha. Os sítios da geodiversidade Baixa Fria dos Santos, Sapó, Floresta, Caveira e Contra Fogo obtiveram as menores pontuações para o uso turístico. Em comum, estes sítios são altamente vulneráveis, não possuem atrativos cênicos consideráveis, estão distantes de zonas recreativas e apresentaram baixo potencial para divulgação.

AVALIAÇÃO DAS PRIORIDADES DE PROTEÇÃO

A prioridade de proteção científica (PPC) obtida variou entre 350 e 735 pontos (para um valor máximo de 800 pontos): os sítios foram classificados com prioridade em curto e médio prazos.

Tabela 5: Avaliação das prioridades de proteção científica (PPC), educativa (PPE) e turística (PPT) dos sítios paleontológicos da Formação Ipu por meio da plataforma GEOSSIT. Pos.: Posição no ranque de avaliação.

Sítio Paleontológico	Prioridade de Proteção						
	PPC	POS.	PRAZO	PPE	PRAZO	PPT	PRAZO
Baixa Fria dos Santos	405	6	médio	490	médio	455	médio
Sapó	425	4	médio	515	médio	490	médio
Contra Fogo	630	1	curto	530	médio	515	médio
Zipu	400	7	médio	490	médio	460	médio
Caveira	395	8	médio	495	médio	485	médio
Floresta	485	2	médio	565	curto	560	curto
Bica do Ipu	430	3	médio	430	médio	435	médio
Três Pedras	380	9	médio	490	médio	435	médio
Palmeirinha	410	5	médio	510	médio	465	médio

Fonte: elaborado pelo autor, modificado de Moura (2018).

Os sítios paleontológicos Contra Fogo e Zipu, considerados com prioridade em curto prazo (Tabela 4), devem ser prioritários para o desenvolvimento de estratégias de geoconservação, pois a sua proximidade com áreas residenciais contribui para o aumento da degradação dos sítios por atividades antrópicas como plantações e criação de animais feitas ao redor ou diretamente sobre os afloramentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo acrescenta novos conhecimentos à paleontologia do estado do Ceará, revelando um novo patrimônio que pode ser utilizado na gestão ambiental, cultural e ordenamento territorial dos municípios. O levantamento dos locais de interesse paleontológico da Formação Ipu, sua classificação e análise quantitativa de seus valores, delinea um panorama geral acerca dos sítios

paleontológicos desta porção do Grupo Serra Grande: a grande área de extensão dos terrenos dessa formação sugere a existência de novos sítios ainda não catalogados, mas, principalmente, a urgência de proteção dos locais estudados neste trabalho.

Os dados apresentados neste trabalho reforçam o contraste entre a importância das informações paleontológicas e a fragilidade dos sítios perante o avanço dos centros urbanos. Para que haja uma real proteção dos sítios investigados, é necessário que o conhecimento sobre a importância científica e os valores, reais e abstratos, que a sua existência traz seja difundido entre os gestores municipais e, principalmente, entre a população desses locais.

A criação de áreas de proteção para os sítios de maior valor científico e educativo (Pacujá e Ipu), a fixação de placas de sinalização nas rodovias e instalação de painéis interpretativos próximos aos afloramentos só será uma proposta válida se conjuntamente houver um trabalho de educação ambiental acerca do patrimônio paleontológico. Mais do que as leis propriamente ditas, são as pessoas (gestores, comunidades, cientistas e visitantes) que fazem a geoconservação acontecer através da sua relação com esses locais.

Sabendo-se que o conhecimento sobre o patrimônio paleontológico não se finda em inventários, sugere-se, a partir deste, trabalhos que continuem a construção do inventário dos sítios paleontológicos da região e que forneçam mais subsídios para a elaboração de estratégias de geoconservação que possam dar suporte às gestões governamentais. Além disso, algumas ações necessárias foram vislumbradas no decorrer da pesquisa e podem ser aplicadas: 1. ampla divulgação desse conhecimento, por meio das redes sociais e/ou outros meios de comunicação de impacto; 2. desenvolvimento, junto às secretarias municipais de educação e meio ambiente, de programas educativos que alcancem os moradores locais e as escolas do município; 3. criação de trilhas interpretativas e associações de condutores de turismo locais previamente formados sobre a geodiversidade e geoconservação dos sítios; 4. criação ou revitalização de museus e/ou coleções paleontológicas institucionais; 5. aproveitamento da rede de cultura e turismo locais para divulgação deste conhecimento; 6. fortalecimento desse patrimônio como identidade territorial, junto às associações de moradores.

Os sítios paleontológicos representam uma grande riqueza em meio a um discurso de adversidades e pobreza do semiárido nordestino, estes valores subjetivos e objetivos destes locais podem contribuir para o resgate da dignidade das comunidades. O envolvimento dos moradores das localidades em torno de um sítio paleontológico em ações sustentáveis, principalmente através do empreendimento com geoprodutos e geoturismo fomenta a cidadania, o desenvolvimento regional e o pertencimento ao território.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Governo Municipal de Pacujá pelo apoio às pesquisas no município, à Universidade Estadual Vale do Acaraú pelo apoio logístico, aos órgãos de fomento financiadores dos projetos e bolsas de pesquisa: CAPES 88887.714312/2022-00 e FUNCAP BP4-0172-00199.01.00/20. Agradecemos ao grupo de pesquisadores do projeto “*Valores que o tempo guardou: quantificação de sítios paleontológicos do noroeste cearense*” pelo empenho nas pesquisas sobre os diversos valores do patrimônio paleontológico; ao pesquisadores botânicos Leonardo de Sousa Rodrigues e Luís Henrique Ximenes Portela que nos ajudaram no levantamento de informações sobre os sítios paleontológicos da região de Ipu; ao pesquisador botânico João Batista Silva Nascimento e à sua família pela acolhida, apoio logístico e ajuda nos trabalhos de campo; ao pesquisador paleontólogo João Victor de Paula Moreira pelo auxílio na identificação dos icnogêneros presentes nos afloramentos; ao auxiliar de campo Antonio Maranguape Pereira pela companhia nas viagens, auxílio nos trabalhos de campo, identificação dos icnogêneros e formatação do texto; a Caroline Brito de Oliveira pela ajuda na organização e formatação do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRERA, I. A. R.; NOGUEIRA, A. C. R.; SILVA, J. B. C.; NEITA, U. S. G.; NOGUEIRA, A. A. E. A primeira ocorrência do icnogênero *Arthropycus* em depósitos silurianos da Bacia do Parnaíba, Região de Ipueiras, Ceará. **Boletim do Museu de Geociências da Amazônia**, Pará, v. 5, p. 1-7, 2018.
- BARROSO, F. R. G., et al. Uma biota fóssil na Formação IPU (Eossiluriano da Bacia do Parnaíba) e sua importância estratigráfica regional no noroeste do Ceará. In: **Libro de resúmenes**. Lima: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2016. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/34bbe17d-0870-4f1e-9590-14d99f4d2c08/2840941.pdf>. Acesso em: 03 maio 2024.
- BARROSO, F. R. G. **Invertebrados fósseis da formação IPU (Siluriano), Grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba**. 2016. 107 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/23733>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- BRASIL. 1942. Decreto-Lei 4.146, de 4 de março de 1942. **Dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos**.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988, atualizada até a Emenda Constitucional nº 39, de 19 de dezembro de 2002. 31. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.
- BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 03 Maio 2024.
- BRILHA, J. B. R. **Patrimônio geológico, geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga, Portugal: Palimage, 190p, 2005.

BRILHA, J. et al. Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. **Environmental Science & Policy**, v. 86, p. 19-28, 2018.

BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, Review Article, Berlin: Springer, v.8, issue 2, p.119-134. 2016. DOI: 10.1007/s12371-014-0139-3. Disponível em:<
<http://www.researchgate.net/publication/270876577>. Acesso em: 05, maio, 2024>.

CAPUTO, M, V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil**. 1984. 583 f. Tese (Doutorado) - Universidade da Califórnia, College of Letters and Science, Santa Barbara, 1984. Programa de Doutorado em Geologia. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/8961>. Acesso em: 02 ago. 2023.

CARCAVILLA URQUI, L. **Geoconservation**. Madri: Los Libros de la Catarata, 2012.

CLAUDINO-SALES, V. ; LIMA, E.C. ; DINIZ, S. F. ; CUNHA, F. S. E. S. Megageomorfologia do Planalto da Ibiapaba: uma introdução. **William Morris Davis**, v. 1, n.1, p. 186-209, 2020.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Mapa de Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 1:500.000, 2014.

CPRM–Companhia de Pesquisa De Recursos. Minerais–Serviço Geológico Do Brasil. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul**. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Escala, v. 1, p. 750000, 2006.

GARCÍA-CORTÉS, Á.; CARCAVILLA, L. U. et al. **Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)**. 2. ed. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009.

GÓES, A. M. O. & Feijó, F. J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro, 8 (1): 57-67. 1994.

HENRIQUES, M. H. et al. Geoconservation as an emerging geoscience. **Geoheritage**, Berlin, v. 3, n. 2, p. 117-128, 2011.

MANSUR, K. L. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio**. 2010. Tese (Doutorado em Geologia). Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MILTON, K. **Loving nature: Towards an ecology of emotion**. London: Routledge, 2002.

MOURA, P. ; GARCIA, M. G. M. ; BRILHA, J. B. Evaluation of Geological Sites for Priority Management: Proposals for Geoconservation in the Ceará Central Domain, North-eastern Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**. Rio de Janeiro, v. 41, p. 252-267, 2018.

NASCIMENTO, M.A.L; RUCKKYS, Ú.A.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a preservação do patrimônio geológico**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008.

PINÉO, T. R. G; PALHETA, E. S. M. **Projeto mapa geológico e de recurso minerais do estado do Ceará**. CPRM. Escala 1:500.000, 2021.

PROSSER, C. D.; DÍAZ-MARTÍNEZ, E.; LARWOOD, J. G. H. Conservation of geosites: principles and practice. In: REYNARD, E.; BRILHA, J. **Geoheritage: assessment, protection, and management**. Amsterdam: Elsevier, 2018. cap. 11, p. 193-212.

RUSINELLI, B. B. et al. Fossildiagenesis of icnofossils in eopaleozoic sandstones, Ipu formation, Paranaíba Basin. In: **Proceedings of the 50. Brazilian congress on geology. Geology and society: building bridges for a sustainable planet**. vol. 1. Brasília - DF. 2021. p.209.

RUSINELLI, Bruno B. et al. Taphonomy of icnofossils in eopaleozoic sandstones, Pacujá, CE, Brazil. In: **30th edition of the Annual Users Meeting**, 2020, Campinas-SP. Abstract book. 2020. p. 138.

SOUZA, A. C. B. et al. Significado Paleambiental de Icnofósseis em Arenitos Silurianos da Região de Santana do Acaraú–Ceará. **Estudos Geológicos**, v. 25, n. 2, p. 39-52, 2015.

UCEDA, A.C. Patrimonio geológico; diagnóstico, clasificación y valoración. In: SUÁREZ-VALGRANDE, J.P. (Coord.), **Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible**. Soria: Série Monografias, Ministério de Meio Ambiente, 2000. p. 23-37.

UNESCO. A Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura, Paris de 17 de Outubro a 21 de Novembro de 1972, 17ª sessão, Disponível em: <https://whc.unesco.org/archive/convention-pt.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2024.

VAZ, P. T., et al. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, 15(2), p. 253-263. 2007.

VIANA, M. S. S. **Atlas de Paleontologia: Fósseis da Região Norte do Ceará**. 1. ed. Sobral-CE: Edições UVA, v. 1. 92p, 2018.

VIANA, M.S.S. et al. Ocorrências Icnofossilíferas do Grupo Serra Grande (Siluriano da Bacia do Parnaíba), Noroeste do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**. Fortaleza, v. 23, n° 1, p. 77-89, 2010.

WORTON, G. J. A historical perspective on local communities and geological conservation. In: BUREK, C.V.; PROSSER, C.D. (Ed.). **The history of geoconservation**. N. 300. London: The Geological Society of London, 2008. P. 137-146.

ANEXO I

DESCRIÇÃO DOS SÍTIOS PALEONTOLÓGICOS

Sítio Paleontológico Contra Fogo

O geossítio consiste em uma série de blocos de rocha localizados em terreno particular e distribuídos em uma área de cerca de 4 hectares, próximo ao leito do Riacho Lameirão. Possui acesso por dentro da propriedade rural homônima. Os afloramentos distam cerca de 1,5 km da rodovia CE 445 e de 500 m da última casa do imóvel. Na área adjacente ao sítio paleontológico, é possível observar a sequência estratigráfica de algumas unidades, como as formações Aprazível e Pacujá da Bacia do Jaibaras. O sistema deposicional é relacionado a um ambiente marinho raso. O destaque paleontológico deste sítio são os fósseis de moldes de anêmonas-do-mar excepcionalmente preservados. O risco de degradação é alto pois os blocos de rocha estão sem proteção alguma, estando expostos ao intemperismo natural e antrópico, e sem placa indicativa de que ali há um local que precisa ser preservado. (Figura 4)

Possui **relevância científica internacional**, dado o estado excepcional de preservação de molde de organismos sem esqueleto em arenito grosso ainda contendo suas diversas fases tafonômicas e ontogenéticas (Barroso *et al.* 2023).

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis (*Arenicolites* Salter, 1857; *Palaeophycus* Hall, 1847; *Planolites* Nicholson, 1873; *Skolithos* Haldemann, 1840; *Bergaueria* Prantl, 1945)

Figura 3: Icnofósseis e afloramentos na localidade Fz. Contra Fogo no município de Pacujá-CE.



A. Pistas do icnogênero *Palaeophycus* Hall, 1847. **B.** Vários estágios ontogenéticos de anêmonas-do-mar reunidos em um único bloco de rocha que pode ser visto completo em **C.** **C.** Alunos durante uma aula de campo da disciplina de Geologia e Paleontologia da UVA analisando um bloco de rocha com moldes. **D e E.** Espécimes de anêmonas-do-mar evidenciando a preservação em três dimensões dos moldes. **Fonte:** Arquivo LABOPALEO.

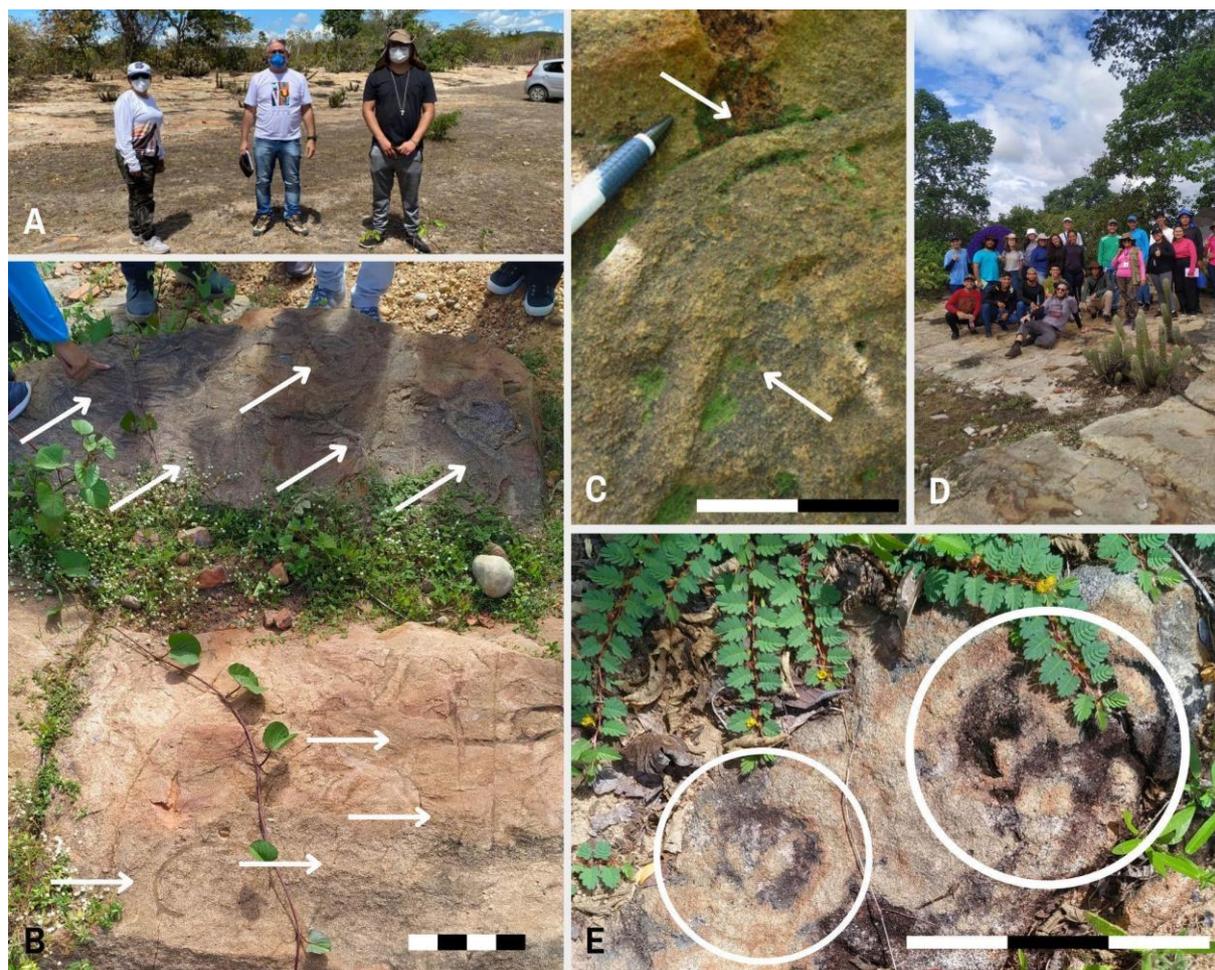
Sítio Paleontológico Zipu

O sítio da geodiversidade consiste em um grande afloramento em área contínua com extensão de aproximadamente 0,6 hectares. Parte do afloramento está em área particular e cercado, mas a maior parte está em terreno público, sem barreiras ou limitações. Possui acesso direto por estrada carroçável na localidade de Zipu, distante 500m da rodovia CE-445. Ocorrem fósseis de anêmonas com variados padrões tafonômicos, além de rastros de invertebrados marinhos do período Siluriano em toda a sua extensão. O local é regularmente utilizado para aulas de campo de geologia e paleontologia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), pois é de fácil acesso e relativamente próximo à sede do município de Pacujá. Os fósseis correm risco de degradação, pois estão sem proteção e sem placa

indicativa, sujeitos a intemperismo, erosão e ação antrópica (Figura 5). Existe um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) para o local que poderá modificar um pouco a realidade (cercas, placas interpretativas, etc.), com benefícios à proteção do patrimônio.

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis (*Arenicolites* Salter, 1857; *Palaeophycus* Hall, 1847; *Planolites* Nicholson, 1873; *Skolithos* Haldemann, 1840.)

Figura 4: Icnofósseis e afloramento na localidade de Zipu no município de Pacujá-CE.



A. Parte da equipe desta pesquisa em visita aos afloramentos. **B.** Blocos de rocha com diversos tipos de icnofósseis na margem da estrada carroçável que dá acesso ao afloramento principal. **C.** Pistas do icnogênero *Palaeophycus* Hall, 1847. **D.** Grupo de estudantes de Ciências Biológicas em visita ao sítio paleontológico por ocasião de uma aula de campo da disciplina de Geologia e Paleontologia da UVA. **E.** Moldes de anêmonas-do-mar presentes no afloramento. **Fonte:** Arquivo LABOPALEO.

Sítio Paleontológico Caveira

O sítio da geodiversidade consiste em um pequeno afloramento de 3 m² em terreno público. Está localizado à margem da estrada carroçável que dá acesso à localidade de mesmo nome a cerca de

2 km da CE-445. O acesso é feito de forma livre, sem perigos para os visitantes. Há poucos fósseis no local, mas a localidade é importante para demonstrar a continuidade dos afloramentos da Formação Ipu na região que se estendem por mais 5 km ao longo do LTB.

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar.

Figura 5: Sítio paleontológico da localidade de Caveira, Cariré-CE.



A. Veículo como escala para o afloramento ao lado dele. **B.** Molde de anêmona. **Fonte:** Arquivo LABOPALEO.

Sítio Paleontológico Floresta

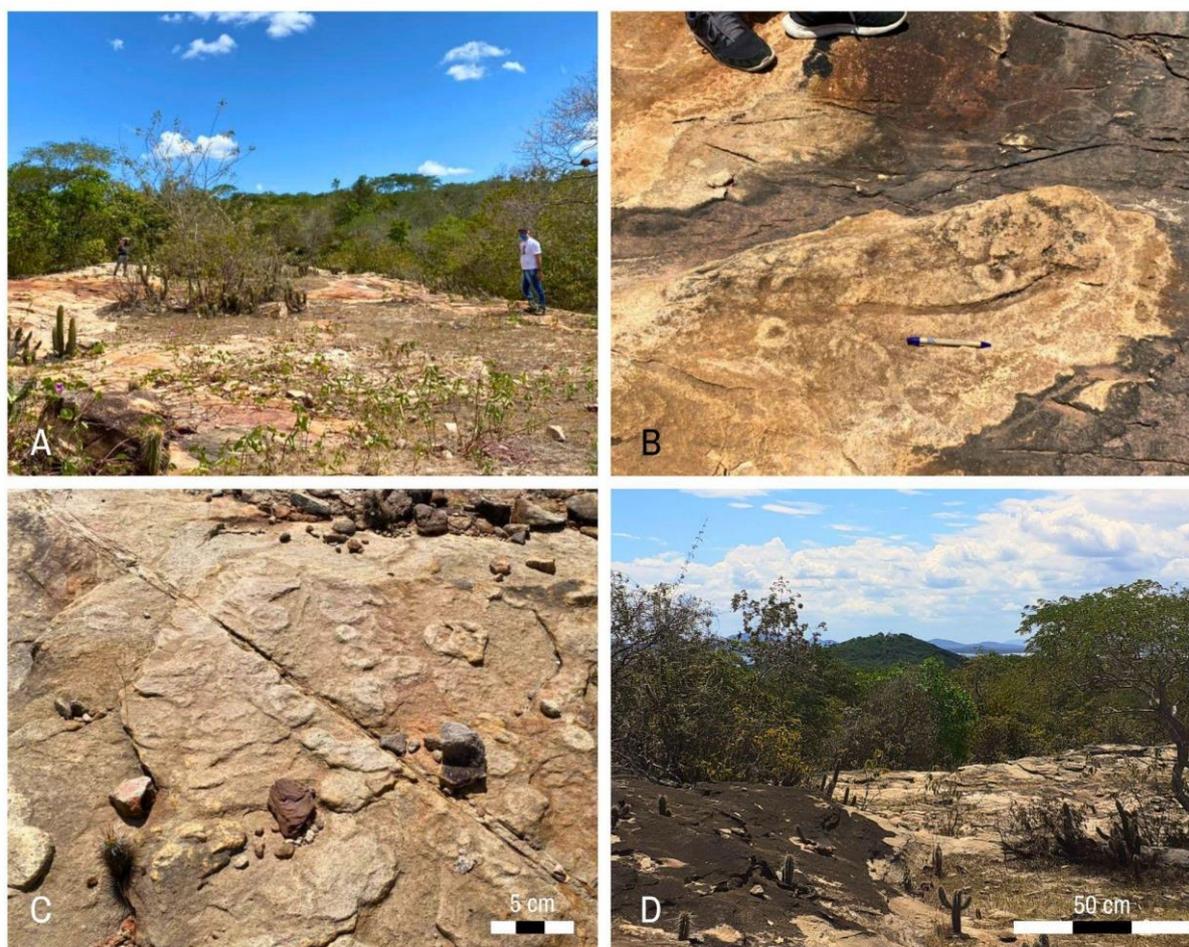
O sítio da geodiversidade consiste em uma grande área de 2,5 km² de afloramentos apresentando várias camadas aflorantes de sedimentos da Formação Ipu com muitos moldes de anêmonas-do-mar e rastros de invertebrados marinhos distribuídos em toda a área. Os afloramentos são intercalados por faixas de vegetação promovendo, junto com os desníveis e fraturas do terreno, um ótimo abrigo para a fauna, sendo um local excepcional de inter-relação entre a bio e a geodiversidade. Possui acesso direto por estrada carroçável distando 4,5 km da CE-445.

É possível localizar os afloramentos logo à margem da estrada. Este sítio é um ótimo representante do deslocamento dos terrenos do Grupo Serra Grande através do LTB. Por estar em uma altitude mais elevada que os terrenos circunvizinhos, é um ótimo ponto de observação dos aspectos geológicos locais. A paisagem sobre os afloramentos ainda está sem interferência antrópica e mostra, ao fundo, um morrote encimado com a Capela da Sagrada Família, o povoado de Floresta e o Açude Público Paulo Sarasate. A grande extensão desses afloramentos e a distância de sedes municipais faz este sítio paleontológico estar melhor preservado que os outros na mesma área desta pesquisa. Apesar

de preservados, os fósseis correm risco de degradação por estarem sem cobertura ou sinalização, estando expostos ao intemperismo natural e antrópico.

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis (*Arenicolites* Salter, 1857; *Palaeophycus* Hall, 1847; *Planolites* Nicholson, 1873; *Skolithos* Haldemann, 1840.)

Figura 6. Sítio paleontológico da localidade de Floresta, Cariré-CE.



A. Vegetação sobre os afloramentos. **B e C.** Icnofósseis de invertebrados e moldes de anêmona-do-mar presentes nos afloramentos. **D.** Panorâmica do afloramento da localidade de Floresta (ao fundo o morrote encimado com a capela da Sagrada Família e, logo depois, o Açude Público Paulo Sarasate e as geomorfologias visíveis). **Fonte:** Arquivo LABOPALEO.

Sítio Paleontológico Baixa Fria dos Santos

O sítio da geodiversidade consiste em vários blocos de arenito conglomerático espalhados por uma área de 100 m². A localidade já foi uma pedreira e atualmente não possui acesso de forma direta. A entrada para o local foi fechada junto com o encerramento do empreendimento foi completamente tomada pela vegetação, dificultando o acesso aos afloramentos. O sítio encontra-se a

350 m da BR-403. Ocorrem fósseis de anêmonas com variados padrões tafonômicos em associação com rastros de invertebrados marinhos.

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis (*Arenicolites* Salter, 1857; *Palaeophycus* Hall, 1847; *Planolites* Nicholson, 1873; *Skolithos* Haldemann, 1840.)

Figura 7: Icnofósseis e afloramento na localidade de Baixa Fria dos Santos, em Santana do Acaraú-CE.



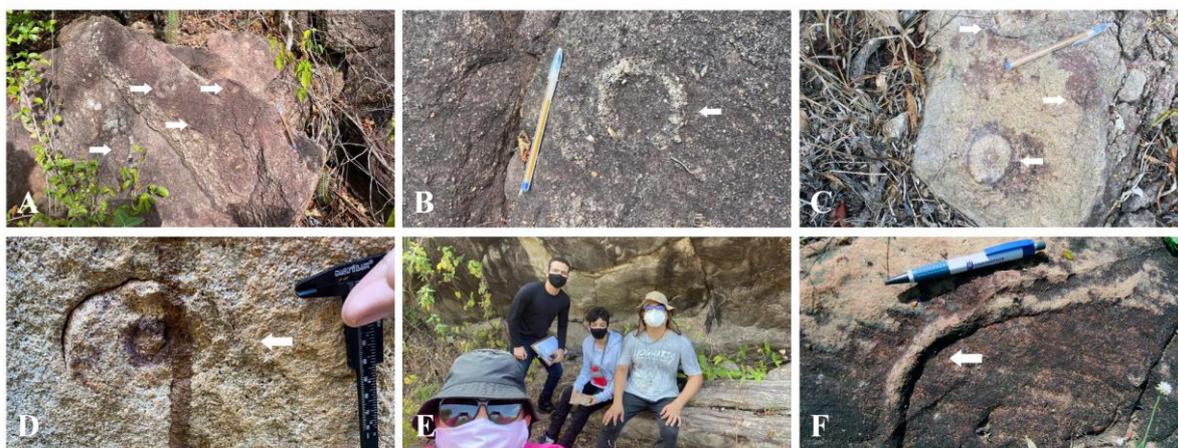
A. Icnogênero *Arenicolites* Salter, 1987. **B.** *Palaeophycus* Hall, 1947. **C, D e E.** Moldes de anêmonas-do-mar. **F.** Pesquisadores em visita ao afloramento. **Fonte:** Arquivo LABOPALEO.

Sítio Paleontológico Sapó

O sítio da geodiversidade consiste em uma sequência de blocos de arenitos alinhados à direita e à esquerda de modo a formar uma trilha de aproximadamente 300 m que passa entre eles. O acesso é feito pela BR-403 no trecho entre Santana do Acaraú e o distrito de Sapó (Figura 10). A trilha, de dificuldade baixa, está a 200 m da BR e é acessível até certo ponto por veículos pequenos. Os moldes e rastros de invertebrados estão ainda preservados em arenitos grossos de cor bege ou acinzentados com camadas marcadas por seixos de quartzo. Estes fósseis correm risco de degradação por estarem sem nenhuma cobertura ou placa indicativa (Figura 9). Além da erosão por intemperismo, a proximidade a uma pedreira, ainda que abandonada, sugere que há a possibilidade destes afloramentos serem destruídos, seja para alargamento da estrada ou para utilização da rocha na construção civil.

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis (*Arenicolites* Salter, 1857; *Palaeophycus* Hall, 1847; *Planolites* Nicholson, 1873; *Skolithos* Haldemann, 1840.)

Figura 8: Icnofósseis e afloramentos na localidade de Sapó, em Santana do Acaraú.



A, B, C e D. Blocos de rocha com moldes de anêmonas. **E.** Equipe de pesquisadores em visita aos afloramentos. **F.** Icnogênero *Palaeophycus* Hall, 1947. **Fonte:** Arquivo LABOPALEO.

Sítio Paleontológico Bica do Ipu

Este geossítio consiste em uma sequência de blocos rolados do paredão do *glint* pela queda d'água que caracteriza o local. Está localizado dentro do Parque Municipal da Bica do Ipu e o acesso é feito por meio de uma via asfaltada e de mão dupla que parte da sede do município de Ipu, até o restaurante do parque; após o restaurante há uma trilha, de dificuldade média, de 100 m até as rochas. Os moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis estão visíveis no sopé da queda d'água, espalhados por blocos de rochas aflorantes e outros que se desprenderam do paredão do *glint* (Figura 11). A beleza cênica, o silêncio, o microclima agradável e a diversidade de elementos da geodiversidade neste local (fósseis, queda d'água, contato da Formação Ipu com o embasamento cristalino), juntamente com a proteção legal do Parque Municipal e da Área de Proteção Ambiental Estadual da Bica do Ipu, contribuem para que este seja um bom local para uso educativo e turístico. Apesar da proteção legal, os fósseis estão sujeitos ao intemperismo e erosão naturais, pois estão no leito do rio e sem uma barreira de segurança que restrinja o acesso. Além disso, não há placa indicativa ou interpretativa em nenhum dos aspectos geológicos presentes neste sítio.

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis (*Arenicolites* Salter, 1857; *Palaeophycus* Hall, 1847; *Planolites* Nicholson, 1873; *Skolithos* Haldemann, 1840.)

Figura 9: Blocos de rocha contendo moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis de invertebrados na Bica do Ipu.



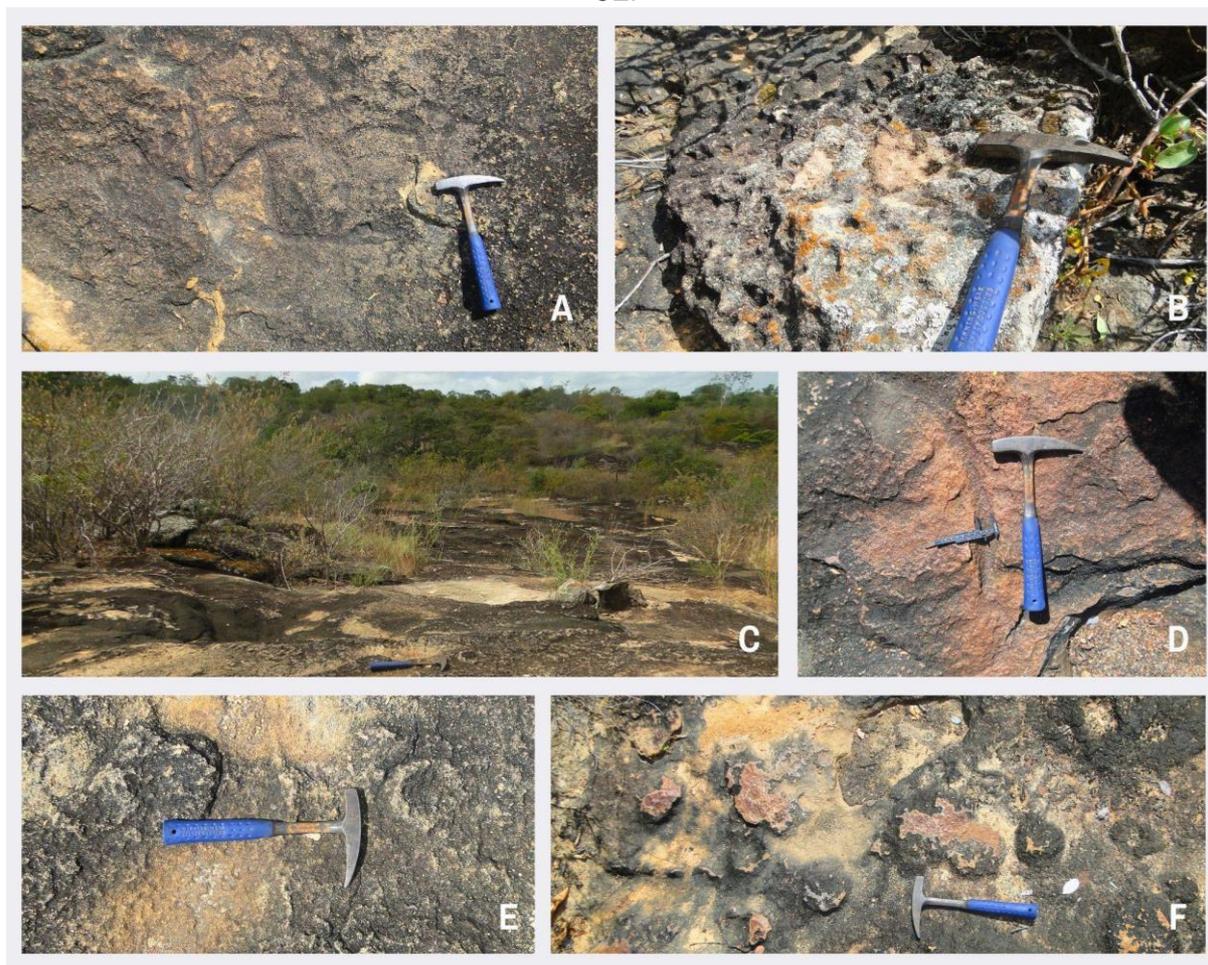
A, B, C e D. Moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis. **E.** Vista do sítio com seus inúmeros blocos de rocha.
Fonte: Arquivo LABOPALEO.

Sítio Paleontológico Três Pedras

O geossítio consiste em uma sequência de afloramentos em uma área de 45 hectares em terreno público ao longo do percurso da Trilha das Três Pedras, atrativo turístico existente no município de Ipu. O local está dentro da APA da Bica do Ipu. Apesar do solo raso, há muita vegetação no local formando ilhas de afloramento ao longo da trilha. Os afloramentos estão na localidade de Várzea do Giló, acessível pela CE-187 que liga Ipu a Guaraciaba do Norte-CE. Para chegar à trilha onde estão os fósseis, toma-se uma estrada carroçável que parte do final da R. Antonia Ferreira dos Santos até chegar no estádio de futebol da localidade. A trilha começa 50 m após o fim do estádio. A trilha é de dificuldade média, mas recompensa o turista pela beleza cênica do local que forma um mirante de onde podem ser vistas, à frente, toda a paisagem da Depressão Sertaneja e, ao fundo, a segunda cornija da Serra da Ibiapaba com os terrenos da Formação Tianguá. A facilidade de acesso, os atrativos turísticos, a diversidade geológica, grande número de icnogêneros e a beleza cênica, fazem deste local o melhor para atividades turísticas e educativas em toda a região. Apesar da proteção legal, os fósseis estão sujeitos ao intemperismo e erosão naturais, bem como interferências antrópicas por ser um local comumente utilizado para lazer e não haver barreiras de segurança que controlem o acesso e as atividades dos visitantes. Além disso, não há placa indicativa ou interpretativa em nenhum dos aspectos geológicos presentes neste sítio.

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis (*Diplocraterion* Torell, 1870; *Skolithos* Haldemann, 1840; *Arenicolites* Salter, 1857; *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944; *Palaeophycus* Hall, 1847.)

Figura 10: Afloramentos e icnogêneros na trilha das Três Pedras na localidade de Várzea do Giló, Ipu-CE.



A. *Palaeophycus* Hall, 1847. **B.** *Skolithos* Haldemann, 1840. **C.** Moldes de anêmonas-do-mar em associação com *Skolithos*. **D.** Moldes de anêmonas-do-mar em associação com icnofósseis. **Fonte:** Arquivo LABOPALEO.

Sítio Paleontológico Palmeirinha

O geossítio consiste em um afloramento de 200 m de extensão, metade em terreno público e outra parte cercada em terreno particular, na localidade de Palmeirinha. Quase não há vegetação ou solo sobre os afloramentos, proporcionando uma vista completa de toda a área, incluindo uma área com a exposição das camadas sedimentares. O acesso é feito por meio da Estrada das Quebradas, uma via carroçável que parte do final da Av. Cel. Jiló no distrito de Várzea do Giló. Após 2 km de estrada, na bifurcação, toma-se o caminho da direita por mais 300 m até chegar ao local do afloramento. A altitude mais elevada entre todas as localidades neste estudo e a presença do contato com a formação Tinguá releva este afloramento como o topo da Formação Ipu. A diversidade de icnogêneros, a beleza do local, a distância relativamente próxima de áreas urbanas, os aspectos geológicos e sedimentares presentes,

bem como a extensão considerável do afloramento torna este local o melhor sítio paleontológico para aulas de campo a nível do ensino superior.

Fósseis encontrados: moldes de anêmonas-do-mar e icnofósseis (*Diplocraterion* Torell, 1870; *Skolithos* Haldemann, 1840; *Arenicolites* Salter, 1857; *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944; *Palaeophycus* Hall, 1847; e *Gyrochorte* (?) Heer, 1865.)

Figura 11: Afloramentos e icnogêneros na localidade de Palmeirinha, Ipu-CE.



A. Exposição de sedimentação com estratificação cruzada acanalada, *swaley* e *hummocky*. **B.** Diversos estágios ontogenéticos de anêmonas-do-mar em associação com icnofósseis. **C.** Contato entre as formações Ipu e Tianguá Haldemann, 1840. **D.** Icnogênero *Gyrochorte* (?) Heer, 1865. **E.** *Skolithos* laterizados em menor tamanho sobre os afloramentos. **F.** Icnogênero *Gyrochorte* (?) Heer, 1865. Escala (tamanho do paquímetro): 10 cm. **Fonte:** Arquivo LABOPALEO.