

EV

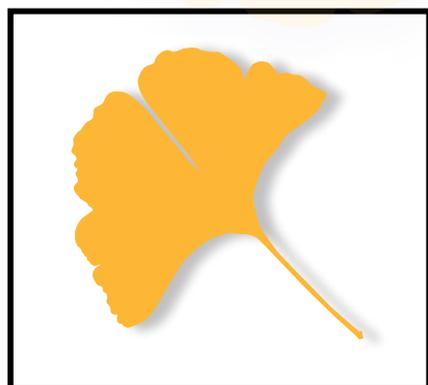
EVOLUÇÃO

Revista de Geistória e Pré-História
Número 3 (Edição Especial)

Série 1
Lisboa
Abril 2024



ENC ON. INTER TRO NACIONAL ONAL



**CONTINUIDADES
E DESCONTINUIDADES
DO REGISTO FÓSSIL**

EVOLUÇÃO

Revista de Geistória e Pré-História

SÉRIE I, Nº. 3, VOLUME 1

LISBOA. ABRIL. 2024



CENTRO PORTUGUÊS DE GEO-HISTÓRIA E PRÉ-HISTÓRIA

O Centro Português de Geo-História e Pré-História é uma associação sem fins lucrativos fundada em 15 de fevereiro de 1995, é reconhecida como Entidade de Utilidade Pública desde 2017. Tem por objetivos o fomento e o desenvolvimento de atividades de investigação e de divulgação nos campos científicos da Geo-História e Pré-História.

CONSELHO CIENTÍFICO DO CPGP:

Paleontologia / Estratigrafia / Paleobotânica:

Silvério Figueiredo; Mário Mendes; Pedro Proença Cunha; Ioanna Bachtsevanidou Strantzali

Pré-História / Arte Rupestre:

Telmo Pereira; Luís Raposo; Luiz Oosterbeek; Fernando Coimbra

Geografia

Rita Anastácio

EVOLUÇÃO. REVISTA DE GEISTÓRIA E PRÉ-HISTÓRIA

A Evolução. Revista de Geistória e Pré-História é uma revista de divulgação Científica, publicada pelo Centro Português de Geo-História e Pré-História e tem por objetivo principal contribuir para o desenvolvimento da divulgação científica, através da publicação de artigos e de trabalhos de investigação, divulgação e informação, de autores ou investigadores nacionais ou estrangeiros, nas áreas da Geistória e da Pré-História, podendo estes artigos ser de âmbito nacional ou internacional.

CONSELHO EDITORIAL:

Silvério Figueiredo; Fernando Coimbra; David Barão; Sofia Silvério; Fernanda Sousa; Ioanna Bachtsevanidou Strantzali; Marta Gomes.

Depósito Legal: 189274/02

ISSN: 1645-6297

Impressão: CWORLD (Pinhal Novo)

Edição: Centro Português de Geo-História e Pré-História

Periodicidade: anual

Design gráfico: Fernanda Sousa e Patrícia Bôto

Sem autorização expressa do editor, não é permitida a reprodução parcial ou total dos artigos desta revista, desde que

tal reprodução não decorra das finalidades específicas da divulgação e da crítica.

© Centro Português de Geo-História e Pré-História. 2024

Comissão Organizadora

Silvério Figueiredo

Fernanda Sousa

Américo Rosa

Mário Antas

Marta Gomes

Jorge Sequeira

Miguel Feio

Comissão Científica

Andrzej Rozwadowski (Institute of Eastern Studies, Polónia)

Antonio Marco Sanches (Institut Català de Paleontologia, Catalunya)

Carlos Neto de Carvalho (Geoparque Naturtejo)

Donald Goldstein (Centro de Geociências Integrativas, Universidade de Connecticut, EUA)

Eduardo Rabaça (Universidade de Évora)

Eric Buffetaut (CNRS, Ecole Normale Supérieure, Paris)

Fernando Coimbra (Centro Português de Geo-História e Pré-História, Instituto Terra e Memória;

Centro de Geociências da Universidade de Coimbra)

Francisco Ortega (National Distance Education University, Madrid; Grupo de Biología Evolutiva)

Ingmar M. Braun (Universidade de Tübingen, Alemanha)

Jorge Sequeira (Museu Geológico do LNEG)

José Alho (Fundação INATEL)

Luís Manuel Araújo (Universidade de Lisboa)

Luiz Oosterbeek (Instituto Politécnico de Tomar, Instituto Terra e Memória; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra)

Maria Cristina Costa (Instituto Politécnico de Tomar)

Mário Arthur Favretto (Prefeitura Municipal de Campos Novos, Estado de Santa Catarina, Brasil)

Mário Mendes (CIMA – Universidade do Algarve)

Mário Varela Gomes (Universidade Nova de Lisboa)
Miguel Feio (Instituto Piaget, Almada)
Octávio Mateus (Universidade Nova de Lisboa; Museu da Lourinhã)
Pedro Proença Cunha (Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra, MARECentro de Ciências do Mar e do Ambiente)
Pierluigi Rosina (Instituto Politécnico de Tomar; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra)
Silvério Figueiredo (Centro Português de Geo-História e Pré-História; Instituto Politécnico de Tomar; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra)
Slobodan Dan Paich (Artship Foundation, EUA)
Telmo Pereira (Universidade do Algarve; ICArEHB-Interdisciplinary Center for Archaeology and Evolution of Human Behaviour-UAlg)
Teresa Desterro (Instituto Politécnico de Tomar)
Xabier Suberviola (Euskal Herrico Unibertsitatea, País Basco)

Comissão Científica Encontro Internacional Continuidades e Descontinuidades do Registo Fóssil

Anthony Martin (Emory University, Department of Environmental Sciences (ENVS) Atlanta, EUA)
Bruno Camilo Silva (Sociedade de História Natural, Torres Vedras, Portugal)
Carlos Neto de Carvalho (Geoparque Naturtejo)
Cristiana Ferreira (Centro Português de Geo-História e Pré-História, Lisboa, Portugal; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra, Portugal)
Eric Buffetaut (CNRS, Ecole Normale Supérieure, Paris)
Fernando Coimbra (Centro Português de Geo-História e Pré-História, Instituto Terra e Memória; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra)
Ignacio Díaz Martínez (Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada, Universidad de Cantabria, Santander, Espanha.)
Ismar Carvalho (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil)
João Dinis (Cascais Ambiente, Portugal)
Luís Azevedo Rodrigues (Centro Ciência Viva de Lagos, Portugal)
Luiz Oosterbeek (Instituto Politécnico de Tomar, Instituto Terra e Memória; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra)
Luís Raposo (ICOM - International Council of Museums, Portugal)
Maria Helena Henriques (Universidade de Coimbra, Portugal)
Mário Antas (Museu Nacional dos Coches, Lisboa, Portugal)
Mário Cachão (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal)
Miguel Feio (Instituto Piaget, Almada)
Pedro Proença Cunha (Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra, MARECentro de Ciências do Mar e do Ambiente)
Pierluigi Rosina (Instituto Politécnico de Tomar; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra)
Silvério Figueiredo (Centro Português de Geo-História e Pré-História; Instituto Politécnico de Tomar; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra)
Smaine Chellat (University of Constantine, Argélia)
Vanessa Antunes (Centro Português de Geo-História e Pré-História, Lisboa, Portugal)
Xabier Suberviola (Euskal Herrico Unibertsitatea, País Basco)

Comissão de Honra

Sua Excelência o Presidente da Assembleia da República
Sua Excelência o Primeiro-Ministro
Sua Excelência o Ministro da Ciência Tecnologia e Ensino Superior
Sua Excelência o Ministro da Cultura
Sua Excelência o Presidente da Câmara Municipal de Cascais
Diretora da Biblioteca Nacional de Portugal
Diretor do Museu Nacional de Arqueologia
Coordenador do Museu Geológico do LNEG
Diretor do Museu de Arte Pré-Histórica de Mação
Presidente do Instituto Politécnico de Tomar

Organização



CASCAIS

Parceiros/Patrocinadores



SOCIEDADE DE HISTÓRIA NATURAL TORRES VEDRAS



ipt
Instituto Politécnico de Tomar



fossils
an Open Access Journal by MDPI

EDITORIAL

A evolução da vida na Terra caracteriza-se por variações graduais e por descontinuidades. Ambas desembocaram na atual biodiversidade. As continuidades mostram-se nas várias espécies existentes de organismos que apareceram há milhões de anos, e as grandes extinções em massa surgem como testemunho das descontinuidades que moldaram a evolução e que permitiram o aparecimento de novas espécies. Um dos exemplos mais elucidativos prende-se com a extinção dos dinossauros não-avianos, extinção que permitiu o desenvolvimento dos mamíferos e o conseqüente aparecimento da nossa espécie. Atualmente estamos preocupados com a variabilidade climática e com a extinção de várias espécies, que têm diminuído a biodiversidade. Serão estas alterações o resultado apenas da evolução geológica e biológica? Ou serão também consequência das atividades humanas? Neste encontro pretende-se discutir e debater a importância das continuidades e descontinuidades do registo fóssil, discutindo igualmente se estaremos perante os indícios de uma nova descontinuidade, pois, como afirmou a Diretora-Geral da UNESCO por ocasião da apresentação do Relatório Mundial da Biodiversidade «proteger a biodiversidade é tão vital quanto lutar contra as alterações climáticas».



The evolution of life on Earth is characterized by gradual variations and discontinuities. Both have led to the current biodiversity. The continuities show themselves in various existing species of organisms that appeared millions of years ago, whereas the great mass extinctions arise as testimony to the discontinuities that shaped evolution and permitted the emergence of new species. One of the most illuminating examples is the extinction of non-avian dinosaurs, an extinction that allowed the development of mammals and the consequent appearance of our species. We are currently concerned about climate change which has diminished biodiversity and led to the extinction of several species at an alarming rate. Are these changes the result of geological and biological evolution only? Or are they also a consequence of human activities? This meeting aims to discuss and debate the importance of the continuities and discontinuities in the fossil record, as well as discussing whether we are facing the indication of a new discontinuity, because, as the Director-General of UNESCO stated on the presentation of the World Biodiversity Report, «protecting biodiversity is as vital as fighting climate change».



L'évolution de la vie sur Terre se caractérise par des variations progressives et des discontinuités. Les deux ont conduit à la biodiversité actuelle. Les continuités se manifestent dans les différentes espèces existantes d'organismes qui sont apparus il y a des millions d'années, et les grandes extinctions de masse apparaissent comme témoignage des discontinuités qui ont façonné l'évolution et qui ont permis l'apparition de nouvelles espèces. L'un des exemples les plus éclairants concerne l'extinction des dinosaures non aviaires, extinction qui a permis le développement des mammifères et l'apparition conséquente de notre espèce. Nous sommes actuellement préoccupés par la variabilité climatique et l'extinction de plusieurs espèces, qui ont réduit la biodiversité. Ces changements sont-ils simplement le résultat d'une évolution géologique et biologique? Ou sont-ils également une conséquence des activités humaines? Cette réunion vise à discuter et à débattre de l'importance des continuités et des discontinuités dans les archives fossiles, en discutant également de la question de savoir si nous sommes confrontés à des signes d'une nouvelle discontinuité, car, comme l'a déclaré le Directeur général de l'UNESCO à l'occasion de la présentation du Rapport mondial sur la biodiversité, «la protection de la biodiversité est aussi vitale que la lutte contre le changement climatique».





CAP. I

AS CONTINUIDADES E DESCONTINUIDADES NA EVOLUÇÃO E NO REGISTO FÓSSIL



Território e Mudanças: os registos temporais do Cretácico Gondwânico na Bacia do Araripe, Brasil.

Territory and Changes: time records from the Cretaceous Gondwana in the Araripe basin, Brazil.

Ismar de Souza Carvalho¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Cidade Universitária, Ilha do Fundão Rio de Janeiro, Brasil

Summary

The episodes that determine the register of the geological time are short or long-term events, whose records are shown through the changes observed in rocks and their fossil content. The amount and quality of fossils preserved at Crato Lagerstätte are simultaneously an exceptional source of paleobiological information and understanding of the geological time. They enable a differentiated understanding of the evolutionary history of organisms and, consequently, the course of time. Conversely, events related to crustal movements are temporal interruptions of a much broader magnitude than those of the daily existence of some sedimentary successions, such as those related to microbial carbonate deposition. Thus, sites of exceptional preservation, such as Crato Lagerstätte, allow identifying these temporal interruptions and expanding our understanding of biological patterns through time and space.

Key words: *Cretaceous, Gondwana, Araripe Basin, Crato Lagerstätte, paleoenvironments*

Palavras-chave: *Cretácico, Gondwana, Bacia do Araripe, Lagerstätten Crato, paleoambientes*

Resumo

O registo temporal identificado através das rochas, fósseis ou dados isotópicos possui sempre uma relação com descontinuidades ou ruturas de uma sucessão de acontecimentos. Pode-se considerar que os marcos do tempo geológico são de curta ou longa duração, e cujo documentário mostra-se através das alterações observadas nos paleoambientes, paleoclima e nos elementos bióticos. Os eventos de curta duração podem ter uma relação direta ou não com a dinâmica interna da Terra. A atividade vulcânica e sísmica, vinculadas aos fenômenos originados no interior da Terra, geram marcos temporais reconhecíveis no registo geológico através de diferentes tipos de rochas e feições sedimentares preservadas nas porções mais superficiais da crosta terrestre. Já a dinâmica externa, associada diretamente à energia advinda da atividade solar, conduz a processos de erosão,

transporte e deposição pela ação da água, vento ou gelo. Os depósitos formados em ambos os contextos são bons indicadores das descontinuidades temporais que relatam a história geológica da Terra.

No caso daqueles de longa duração há uma ligação exclusiva com os processos que se desenvolvem no interior da Terra, e que abrangem desde a região mantélica até o núcleo, como por exemplo a inversão dos polos magnéticos. A tectônica de placas, formação de hot spots, zonas de subducção e de convecção associam-se a acontecimentos de longa duração, delimitando intervalos temporais que se traduzem por modificações paleogeográficas e paleoclimáticas, bem como novos espaços ecológicos dos territórios então existentes. No caso da influência da tectônica de placas, os mecanismos

crustais, que abrangem fenômenos como a convergência e divergência de placas, zonas transformantes, formação de riftes continentais, espalhamento do fundo oceânico, subsidência mecânica e térmica são fundamentais para delimitar o tempo geológico. Apesar de serem fenômenos com estreito vínculo com a dinâmica interna da Terra resultam em alterações superficiais, como flutuações do nível do mar, momentos de erosão ou não-deposição nas áreas basinais e conseqüentemente de um registro menor ou mais amplo da temporalidade geológica.

Todavia, o reconhecimento das relações entre momentos de curta ou longa duração e seu significado na dimensão do tempo profundo, mostra-se bastante desafiador. A quantificação de duração temporal dos diferentes episódios que constituem a materialização da existência relacionam-se diretamente com o entendimento de fenômenos que transcorrem a nível microscópico e suas diferentes magnitudes de representação espacial. No estudo das sucessões sedimentares da Bacia do Araripe, uma área gondwânica do Nordeste do Brasil, cujos principais depósitos são rochas carbonatadas do Cretácico Inferior, as contradições na avaliação do tempo geológico são evidentes, tanto a nível microscópico e suas modulações de curta existência, quanto em escalas mais amplas e que se relacionam a transformações crustais de maior duração.

Localizada nas regiões sul do Estado do Ceará, oeste do Estado de Pernambuco e leste do Piauí, a Bacia do Araripe é a que apresenta a maior área (12.200 km²) dentre as bacias interiores do Nordeste do Brasil. Estruturalmente faz parte de um conjunto de meios-grábens assimétricos, cujo embasamento é caracterizado por granitos, gnaisses, migmatitos, quartzitos e outras rochas de baixo grau metamórfico. Durante o Cretácico, uma intensa tectônica global levou a grandes mudanças na configuração dos continentes e oceanos, as quais modelaram a superfície terrestre em direção ao atual contexto geográfico. Um dos principais resultados para o hemisfério Sul é o rifteamento do supercontinente Gondwana e surgimento do Oceano Atlântico Sul (Arai & Assine, 2020). As estruturas tectônicas do embasamento Pré-Cambriano serviram como zonas de fraqueza para a abertura de depressões nos domínios continentais, dando origem a uma série de bacias sedimentares interiores (Matos, 1992; Carvalho, 2000; Carvalho et al., 2012; Assine et al., 2014). Assim, os fatores geológicos anteriores ao intervalo temporal do Cretácico é que possibilitaram a materialização de novas memórias do tempo profundo.

A sucessão do Aptiano superior da Bacia do Araripe (~117 Ma a 113 Ma) demonstra a dificuldade em se delimitar as magnitudes do tempo (Coimbra & Freire,

2021; Guzmán et al., 2023; Santos Filho et al., 2023) e os reflexos que isto provoca no entendimento dos aspectos evolutivos de diversos grupos paleobotânicos e paleozoológicos. Os evaporitos acumulados neste momento indicam relações temporais muito diversas, diretamente condicionadas às escalas de análise, e que interferem na percepção da duração tempo. Em calcários laminados micríticos (Lagerstätte Crato, Fig. 1A) ocorreram condições excepcionais de fossilização, com a preservação de aspectos anatômicos detalhados de uma ampla variedade de organismos, incluindo tecidos orgânicos que facilmente são degradados (Martill et al., 2007). A fossilização excepcional e o alto grau de fidelidade morfológica dos fósseis ocorrem pela influência das esteiras microbianas (Fig. 1B) através do recobrimento e mineralização dos restos orgânicos quando estes chegam no substrato lacustre (Catto et al., 2021; Varejão et al., 2019; Carvalho et al., 2019; Dias & Carvalho, 2020, 2022; Iniesto et al., 2021). A atividade microbiana atua desde a captura e proteção das carcaças até a criação de um sarcófago microbiano com condições físico-químicas propícias para a mineralização dos restos orgânicos (Dias et al., 2023). Como resultado temos tanto uma preservação de alta-fidelidade (Fig. 1 C), quanto uma abundância não usual da biota que existiu naquele espaço geográfico.

Em geral, durante a fossilização, há uma preservação preferencial condicionada pelos ambientes deposicionais, com um documentário restrito a algumas regiões e a curtos intervalos temporais, os quais influenciam na disponibilidade de dados filogenéticos. Porém, a quantidade e qualidade dos fósseis preservados no Lagerstätte Crato são simultaneamente fonte excepcional de informação paleobiológica e do entendimento do tempo geológico possibilitando uma compreensão diferenciada da história evolutiva dos organismos e por conseguinte do próprio transcorrer do tempo (Woolley et al., 2024).

De forma oposta, ocorrências que se relacionam com movimentos crustais (Fig. 2) são interrupções temporais abruptas, que compreendem fenômenos de magnitude muito mais ampla que os do cotidiano de alguns ambientes sedimentares, como os relacionados à deposição carbonatada microbiana. Assim, sítios de preservação excepcional, como os do Lagerstätte Crato, auxiliam tanto na identificação destas interrupções temporais, como ampliam nosso entendimento dos padrões biológicos através do tempo e do espaço.



Figura 1 (A) Calcários laminados do Lagerstätte Crato (Aptiano superior, Bacia do Araripe) e (B) aspecto destas rochas, cuja origem relaciona-se com a precipitação química induzida por uma ampla variedade da biota microbiana. 1 cocoides; 2 filamentos microbianos (amostra UFRJ-DG 882-Ins). (C) *Cratopipa novaolindensis*, anuro Pipimorpha do Lagerstätte Crato (Aptiano, Bacia do Araripe) com excepcional preservação induzida pela ação microbiana. Fotografia B cedida por Jaime Joaquim Dias.



Figura 2 - Eventos crustais relacionados ao tectonismo após a sedimentação carbonatada aptiana e que levaram às interrupções abruptas das sucessões sedimentares, como os relacionados à deposição carbonática microbiana.

Referências

- ARAI, M. & ASSINE, M.L. (2020). Chronostratigraphic constraints and paleoenvironmental interpretation of the Romualdo Formation (Santana Group, Araripe Basin, Northeastern Brazil) based on palynology. *Cretaceous Research*, 116: 104610.
- ASSINE, M.L., PERINOTTO, J.A.J., CUSTÓDIO, M.A., NEUMANN, V.H., VAREJÃO, F.G. & MESCOLOTTI, P.C. (2014). Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 22 (1): 3-28.
- CARVALHO, I.S. (2000). Geological environments of dinosaur footprints in the intracratonic basins from Northeastern Brazil during the South Atlantic opening (Early Cretaceous). *Cretaceous Research*, 21: 255-267.
- CARVALHO, I.S., FREITAS, F.I. & NEUMANN, V. (2012). Chapada do Araripe BECA, São Paulo, *Geologia do Brasil*: 510-513.
- CARVALHO, I.S., AGNOLIN, E., ARANCIAGA, R.M.A., NOVAS, F.E., XAVIER-NETO, J., Freitas F.I. & ANDRADE, J.A.F.G. (2019). A new genus of pipimorph frog (Anura) from the early Cretaceous Crato formation (aptian) and the evolution of South American tongueless frogs. *Journal of South American Earth Sciences*, 92: 222 – 233.
- CATTO, B., JAHNERT, R.J., WARREN, L.V., VAREJÃO, F.G. & ASSINE, M.L. (2016). The microbial nature of laminated limestones: Lessons from the Upper Aptian, Araripe Basin, Brazil. *Sed. Geol.* 341: 304–315.
- COIMBRA, J.C. & Freire T.M. (2021). Age of the Post-Rift Sequence I from the Araripe Basin, Lower Cretaceous, NE Brazil: Implications for spatio-temporal correlation. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 24 (1): 37–46.
- DIAS, J.J. & CARVALHO, I.S. (2020). Remarkable fossil crickets preservation from Crato Formation (Aptian, Araripe Basin), a Lagerstätten from Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 98: 102443.
- DIAS, J.J. & CARVALHO, I.S. (2022). The role of microbial mats in the exquisite preservation of Aptian insect fossils from the Crato Lagerstätte, Brazil. *Cretaceous Research*, 130: 105068, ISSN 0195-6671. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.105068>

DIAS, J.J., CARVALHO, I.S. BUSCALINONI. Á.D., UMAMAHESWARAN, R.; LÓPEZ-ARCHILLA, A. I., PRADO, G. & ANDRADE, J.A.F.G. (2023). Mayfly larvae preservation from the Early Cretaceous of Brazilian Gondwana: Analogies with modern mats and other Lagerstätten. *Gondwana Research*, 124 (2023): 188-205.

GUZMÁN, J., PIOVESAN, E.K., MELO, R.M., ALMEIDA-LIMA, D., JESUS E SOUSA, A., NEUMANN, V.H.M.L. (2023). Ostracoda and Foraminifera biostratigraphy and palaeoenvironmental evolution of the Aptian Santana Group, post-rift of the Araripe Basin, Brazil, *Gondwana Research*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.06.014>

INIESTO, M., GUTIÉRREZ-SILVA, P., DIAS, J. J., CARVALHO, I. S., BUSCALIONI, A. D. & LÓPEZ-ARCHILLA, A. I. (2021). Soft tissue histology of insect larvae decayed in laboratory experiments using microbial mats: Taphonomic comparison with Cretaceous fossil insects from the exceptionally preserved biota of Araripe, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 564: 110156. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.110156>

MARTILL, D.M.; BECHLY, G. & LOVERIDGE, R.F., eds. (2007). *The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge: Cambridge University Press, 625 pp.

MATOS, R.M.D. (1992). The Northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, 11(4):766-791.

SANTOS FILHO, M.A.B., CEOLIN, D., FAUTH, G. & LIMA, F.H.O. (2023). Ostracods from the Barbalha and Crato formations, Aptian of the Araripe Basin, northeast Brazil. *Zootaxa*, 5319 (3): 332-350. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5319.3.2>

VAREJÃO, F.G., WARREN, L.V., SIMÕES, M.G., FÜRSICH, F.T., MATOS, S.A. & ASSINE, M.L. (2019). Exceptional preservation of soft tissues by microbial entombment: insights into the taphonomy of the Crato Konservat-Lagerstätte. *Palaios*, 34 (7): 331-348.

WOOLLEY, C.H., BOTTJER, D.J., CORSETTI, F.A. & SMITH, N.D. (2024). Quantifying the effects of exceptional fossil preservation on the global availability of phylogenetic data in deep time. *PLoS ONE*, 19 (2): e0297637. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297637>