

ANUROS (AMPHIBIA, ANURA) DO PLEISTOCENO FINAL-Holoceno INICIAL DE ITAPIPOCA, ESTADO DO CEARÁ, BRASIL: TAXONOMIA, PALEOECOLOGIA E TAFONOMIA

HERMÍNIO ISMAEL DE ARAÚJO-JÚNIOR

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
herminio.ismael@yahoo.com.br

GERALDO JORGE BARBOSA DE MOURA

Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Departamento de Biologia, Área de Zoologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900, Recife, PE, Brasil.
geraldojbm@yahoo.com.br

ABSTRACT – ANURANS (AMPHIBIA, ANURA) FROM THE LATE PLEISTOCENE-EARLY HOLOCENE OF ITAPIPOCA, CEARÁ STATE, BRAZIL: TAXONOMY, PALEOECOLOGY AND TAPHONOMY. This work reports the occurrence of fossil remains of anurans attributed to the taxa *Rhinella jimi*, *R. schneideri* e Anura indet., from tank deposits of João Cativo Paleontological Site (Late Pleistocene-early Holocene), municipality of Itapipoca, Ceará State. This is the first formal description of fossil remains of bufonids in Brazilian fossiliferous deposits. The presence of *R. jimi* and *R. schneideri* at João Cativo site suggests an arid paleoenvironment with marked seasonality. During raining periods, the tanks probably were foraging, breeding and dying sites for the paleoanurofauna of the region. The taphonomic analysis of the material, the morphological study of the tanks and actupaleontological observations suggest that the anurans died inside these depressions, thus being autochthonous, in contrast to the mammals, which are considered parautochthonous, as they died around the tanks and were transported into their final site of accumulation by debris flows. Furthermore, the comparison between the taphonomic attributes of anurans and mammals confirms the occurrence of temporal- and spatial-mixing in the tank deposits of João Cativo.

Key words: Anura, tanks, Cenozoic, Northeastern Brazil, taphonomy, paleoecology.

RESUMO – Este trabalho reporta a ocorrência de anuros fósseis atribuídos aos táxons *Rhinella jimi*, *R. schneideri* e Anura indet. provenientes de depósitos de tanque do Sítio Paleontológico João Cativo (Pleistoceno Final-Holoceno inicial), município de Itapipoca, Estado do Ceará. Esta consiste na primeira descrição formal de restos de bufonídeos em depósitos fossilíferos brasileiros. A presença das espécies *R. jimi* e *R. schneideri* em João Cativo é indicativa de um paleoambiente árido com marcada estacionalidade, onde, nos períodos chuvosos, os tanques funcionariam como sítios de alimentação, reprodução e morte para a paleoanurofauna da região. A análise tafonômica do material, o estudo da morfologia dos tanques e observações actupaleontológicas sugerem que os anuros morreram dentro dessas depressões, sendo, portanto, autóctones, diferentemente dos mamíferos, considerados parautóctones, por terem sido transportados para seu local final de acumulação por fluxos de detritos. Além disso, a comparação entre os atributos tafonômicos de anuros e mamíferos confirma a ocorrência de misturas temporal e espacial nos depósitos de tanque de João Cativo.

Palavras-chave: Anura, tanques, Cenozoico, Nordeste do Brasil, tafonomia, paleoecologia.

INTRODUÇÃO

Os depósitos de tanque, restritos ao Nordeste do Brasil, são conhecidos pelo registro de fósseis de diversas espécies de mamíferos quaternários, sendo as famílias Megatheriidae (*Xenarthra*, Pilosa), Gomphotheriidae (Proboscidea) e Toxodontidae (Notoungulata) as mais frequentes (Bergqvist & Almeida, 2004). Porém, embora raros, restos de anfíbios, quelônios, lacertílios, ofídios, crocodilos e aves, também

são encontrados em depósitos de tanque (Vidal, 1946; Paula-Couto, 1962, 1980; Dantas *et al.*, 2005; Araújo-Júnior, 2010; Metello & Araújo-Júnior, 2012; Araújo-Júnior *et al.*, 2012, 2013). De acordo com Araújo-Júnior *et al.* (2011) a preservação diferencial dos grandes mamíferos nesse tipo de depósito em detrimento dos vertebrados de pequeno porte está intimamente relacionada aos tendenciamentos tafonômicos que ocorrem durante a história tafonômica dessas acumulações fossilíferas, sendo os elementos esqueléticos

de pequenos vertebrados raramente preservados. Assim, a ocorrência de pequenos vertebrados resulta da convergência de variações bióticas e abióticas ideais para a fossilização, ou seja, uma peculiar singularidade preservacional nos paleoambientes do entorno dos tanques (Araújo-Júnior *et al.*, 2011).

Entre os grupos de vertebrados encontrados em tanques, os anuros (Anura, Amphibia) são os que mais carecem de estudos, seja pela raridade de registros nesse tipo de depósito, pequenez e delicadeza de seus ossos ou pela ocorrência exclusiva em ambientes não-marinhos e expressivamente redutores; o que desfavorece sua preservação, em especial de tecidos moles (Sanchiz & Roček, 1996; Holz & Simões, 2002; Pauly *et al.*, 2004). Além desse fato, suas características fisiológicas, a exemplo da alta vascularização epidérmica e consequentemente a ineficiência para retenção de água sistêmica, tornam os anfíbios mais sensíveis às variações do meio e, portanto, extremamente úteis como paleobioindicadores ambientais (Beiswenger, 1988; Blaustein & Wake, 1995).

Assim, a identificação taxonômica dos restos de Anura provenientes de depósitos de tanque, bem como sua avaliação tafonômica e paleoecológica, podem ser úteis para o refinamento das inferências paleoambientais para o Nordeste do Brasil durante o Quaternário. Até o momento, restos fósseis de anuros foram coletados apenas em tanques da localidade de João Cativo, em Itapipoca, Estado do Ceará, por Carlos de Paula Couto e Fausto Luís de Souza Cunha, em 1961. Porém, ambos os pesquisadores não fazem referência a esse material em seus estudos sobre as associações fossilíferas dos tanques do Nordeste do Brasil (Paula-Couto, 1962, 1980; Souza-Cunha, 1966). Até o momento esses espécimes permanecem sem qualquer estudo mais detalhado, necessitando de uma análise taxonômica, bem como de uma avaliação de seus aspectos tafonômicos e paleoecológicos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é o estudo taxonômico, paleoecológico e tafonômico dos anuros provenientes dos tanques fossilíferos do Sítio Paleontológico João Cativo (Itapipoca, Estado do Ceará, Brasil), Pleistoceno Final-Holoceno inicial, contribuindo para o melhor conhecimento da diversidade e aspectos preservacionais de vertebrados presentes nas acumulações fossilíferas da Região Intertropical Brasileira (RIB).

DIVERSIDADE DE ANUROS FÓSSEIS DO BRASIL

O registro fossilífero de anuros no Brasil é marcado pela presença de grandes lacunas temporais (Carvalho, 2006; Dias, 2010). Poucos são os registros desse grupo nos depósitos sedimentares brasileiros, o que provavelmente está relacionado à dificuldade de preservação devido ao pequeno porte e à fragilidade da estrutura esquelética desses animais (Holz & Simões, 2002; Moura & Barreto, 2006).

Os mais antigos e mais bem preservados anuros fósseis do Brasil ocorrem em depósitos do Cretáceo. Do Cretáceo Inferior da bacia do Araripe provém o registro

mais antigo de anuros no Brasil (Maisey, 1991; Almeida *et al.*, 1999). Parte desse material foi inicialmente estudada por Leal & Brito (2006), os quais estabeleceram a espécie *Arariphrynus placidoi* Leal & Brito, 2006, pertencente à família Leptodactylidae. Posteriormente, Báez *et al.* (2009) revisaram esses mesmos exemplares e definiram duas outras espécies além da previamente descrita por Leal & Brito (2006): *Eurycephalella alcinae*, Báez, Moura & Gómez, 2009 e *Cratilia gracilis*, Báez, Moura & Gómez, 2009. Do Cretáceo Superior de Minas Gerais (Formação Marília, bacia Bauru) provém o registro do anuro *Baurubatrachus pricei* Báez & Peri, 1989 (Báez & Peri, 1989). Recentemente, Báez *et al.* (2012a) descreveram a espécie *Uberabatrachus carvalhoi* Báez, Gómez, Ribeiro, Martinelli, Teixeira & Ferraz, 2012, proveniente do “Ponto 1 de Price”, no Distrito de Peirópolis (município de Uberaba, Estado de Minas Gerais; Formação Marília, bacia Bauru). Da Formação Adamantina (Cretáceo Superior da bacia Bauru, no município de Marília, Estado de São Paulo) provém restos fragmentários de anuros registrados por Carvalho *et al.* (2003) e Carvalho (2006).

No Cenozoico brasileiro os principais registros de Anura datam do Paleógeno. A espécie *Xenopus romeri* Estes, 1975 (Pipidae), foi registrada na bacia de São José de Itaboraí, uma bacia de idade Paleoceno final (*sensu* Bergqvist *et al.*, 2011) localizada no Estado do Rio de Janeiro (Estes, 1975). Embora não tenham sido formalmente descritos, restos de bufonídeos, leptodactylídeos e hylídeos também foram mencionados para a bacia de Itaboraí (Estes, 1970; Báez & Nicoli, 2004). Na Formação Tremembé (bacia de Taubaté; Oligoceno do Estado de São Paulo) foram encontrados elementos esqueléticos atribuídos a “Bufonoidea” (Riff & Bergqvist, 1999; agrupamento inválido *sensu* Frost *et al.*, 2006). Da Formação Entre-Córregos (Eoceno-Oligoceno da bacia de Aiuruoca, Estado de Minas Gerais) provém restos de anuros pipídeos bem preservados, os quais foram descritos de forma preliminar, porém parecendo pertencer a uma nova espécie (Bedani & Haddad, 2002).

Para os depósitos do Quaternário brasileiro os registros de Anura são escassos. Além do material aqui estudado e do registro de *Ceratophrys cornuta* (Linnaeus, 1758) para o Pleistoceno de Lagoa Santa/MG (Günther, 1859), há escassas referências à ordem Anura em três localidades: (i) Abismo Ponta de Flecha, uma gruta vertical situada no município de Iporanga, Estado de São Paulo (Chahud, 2005); (ii) Gruta Bauzinho dos Ossos, no complexo cárstico de Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais (Perônico & Araújo, 2000); e (iii) Gruta de Toca dos Ossos, município de Ourulândia, Estado da Bahia (Scherer *et al.*, 2012).

Até o momento não há estudos mais detalhados sobre anuros fósseis do Quaternário do Brasil, o que torna este trabalho o mais detalhado até o momento sobre o registro desse clado em períodos mais recentes. Além disso, este estudo destaca-se devido à ocorrência de fósseis de anuros ser relativamente rara, especialmente em depósitos de tanques, seja por apresentarem esqueletos com ossos pequenos e delicados ou por viverem em ambientes redutores (Moura & Barreto, 2006).

ÁREA DE ESTUDO E ASPECTOS GEOLÓGICOS DOS TANQUES

O Sítio Paleontológico João Cativo ($3^{\circ}30'17''\text{S}/39^{\circ}40'24''\text{O}$) está situado cerca de 10 km a oeste da cidade de Itapipoca, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil (Figuras 1A,B). Os fósseis coletados nesse local provêm de dois depósitos de tanque muito próximos, motivo que levou Bergqvist *et al.* (1997) a atribuí-los a uma única fauna-local. Informações mais detalhadas a respeito de tanques naturais e depósitos de tanque podem ser encontradas em Araújo-Júnior *et al.* (2013).

De acordo com Bergqvist *et al.* (1997) e Ximenes (2003) os tanques fossilíferos de João Cativo têm formato elíptico, possuindo 28 m de comprimento por 4,2 m de largura e 27 m de comprimento por 3,2 m de largura, tendo ambos cerca de 7 m de profundidade. Em recente reconhecimento de campo realizado pelo primeiro autor em João Cativo, verificou-se que os tanques daquela região são mais profundos que os de outras

áreas de Itapipoca (e.g. Jirau) e possuem paredes bastante íngremes (ver Figuras 1C,D). De acordo com Gomide (1989), os tanques escavados em 1961 encontravam-se preenchidos por areia grossa de cor acinzentada, alternando-se com camadas de argila escura ou com camadas argilo-arenosas. Segundo Paula-Couto (1980), a camada fossilífera possuía uma espessura máxima de 1 m. Adicionalmente, Souza-Cunha (1966) afirma que os fósseis coletados nos tanques de João Cativo foram encontrados abaixo de grandes blocos de embasamento provenientes das bordas dos tanques, os quais se desprenderam devido ao intemperismo. No reconhecimento de área de estudo realizado pelo primeiro autor em João Cativo alguns dos tanques escavados por Carlos de Paula Couto e Fausto Luís de Souza Cunha foram localizados (Figuras 1C,D).

Três hipóteses foram elaboradas para explicar a origem de restos de vertebrados no interior dos tanques (Moreira *et al.*, 1971; Rolim, 1974; Paula-Couto, 1980; Bergqvist *et al.*,

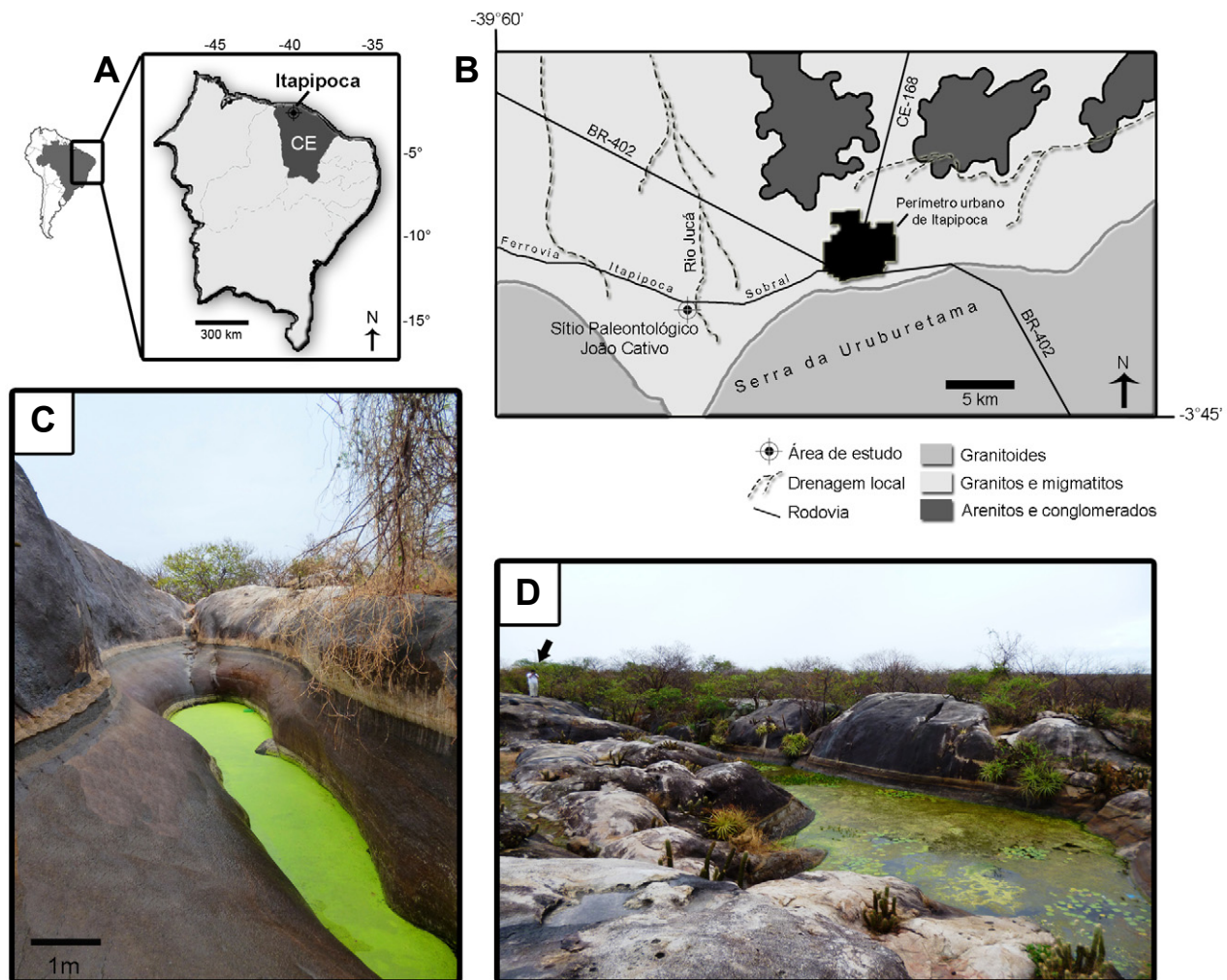


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo e vista geral dos tanques da localidade de João Cativo, município de Itapipoca, Estado do Ceará. **A**, mapa de localização do município de Itapipoca; **B**, mapa de localização do sítio paleontológico João Cativo; **C,D**, vista geral de tanques de João Cativo. Seta em D indica escala.

Figure 1. Location map of the study area and general view of the tanks of João Cativo town, Itapipoca municipality, Ceará State. **A**, location map of Itapipoca municipality; **B**, location map of João Cativo paleontological site; **C,D**, general view of the tanks of João Cativo town. Arrow in D indicates scale.

1997): (i) os animais caíam ou jogavam-se dentro dos tanques (últimos reservatórios de água) e não conseguindo mais sair; (ii) ficavam presos por atolamento nos tanques mais rasos; e (iii) morriam no entorno dos tanques e eram transportados até o interior dessas depressões por enxurradas. Essa última hipótese foi refinada por Araújo-Júnior *et al.* (2013), os quais, através de um estudo tafonômico detalhado, levantaram a hipótese de alguns tanques terem sido preenchidos por espécimes esqueléticos resultantes da mistura entre ossos frescos dispersos no entorno dos tanques e elementos pré-enterrados em áreas próximas a essas depressões.

MATERIAL E MÉTODOS

O material aqui analisado pertence à Coleção de Paleovertebrados do Museu Nacional (MN-UFRJ), no Rio de Janeiro. Um estudo taxonômico preliminar desse material foi realizado por Souto & Carvalho (2010), os quais atribuíram os espécimes aos táxons Bufonidae indet. e Pipidae indet. Tal identificação foi mantida em estudos posteriores sobre a localidade de João Cativo (Araújo-Júnior, 2010; Souto *et al.*, 2010; Araújo-Júnior *et al.*, 2012), porém essa atribuição apresenta problemas taxonômicos.

Neste trabalho, todo o material identificado como Anura – 11 espécimes – procedente do Sítio Paleontológico João Cativo foi reavaliado taxonomicamente, bem como analisado em termos paleoecológicos e tafonômicos. O porte avantajado dos espécimes fósseis possibilitou a exclusão de comparações diretas com espécimes atuais de algumas famílias de Anura cujo porte de seus indivíduos é menor (*e.g.* Hylidae, Leiuperidae e Pipidae). Assim, comparações diretas foram feitas apenas com os anuros atuais *Rhinella icterica* (Spix, 1824) (UFRJ DG 4 AC) e *R. jimi* (Stevaux, 2002) (UFRJ DG 86 AC), da família Bufonidae, e *Leptodactylus* Fitzinger, 1826 (UFRJ DG 5 AC), da família Leptodactylidae, pertencentes à Coleção de Anatomia Comparada do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Além disso, os caracteres osteológicos elegidos por Pramuk (2006) em sua matriz de dados para os “*Bufo*” sul-americanos foram utilizados para identificar taxonomicamente os ílios. Tanto

os ílios quanto os outros elementos esqueléticos identificados em Itaipoca foram comparados com espécimes fósseis de Anura figurados e descritos em Tihen (1962a, 1962b), Martin (1972), Sanchiz & Szyndlar (1984), Meylan (1995), Bever (2005), Blain *et al.* (2008), Gardner *et al.* (2010) e Báez *et al.* (2012b). A nomenclatura osteológica segue Sanchiz (1998). As medidas foram tomadas com paquímetro digital e são expressas em milímetro. A Paleontologia Sistemática segue Frost (2013). A Tabela 1 apresenta uma listagem dos materiais fósseis analisados, bem como seu estado preservacional e suas maiores dimensões.

O material foi submetido à análise macroscópica para identificação de partes esqueléticas e observação de modificações ósseas superficiais. O Número Mínimo de Indivíduos (*Minimum Number of Individuals*; **MNI**) foi estabelecido a partir do elemento esquelético mais abundante entre os espécimes analisados (Lyman, 1994). Diferenças na morfologia e nos aspectos tafonômicos dos espécimes também foram consideradas no estabelecimento do MNI.

Para a coleta e interpretação de assinaturas tafonômicas seguiu-se Behrensmeyer (1978, 1991), Lyman (1994), Rogers *et al.* (2007) e Simões *et al.* (2010). As assinaturas tafonômicas avaliadas nos exemplares foram: (i) representatividade de partes esqueléticas; (ii) grau de articulação; (iii) tipos de fraturas; (iv) marcas de dessecação; (v) marcas de dentes; e (vi) sinais de abrasão e corrosão. As classificações tafonômicas para tipos de fratura, estágios de intemperismo e de abrasão seguiram Shipman *et al.* (1981), Behrensmeyer (1978) e Shipman (1981), respectivamente. O estudo comparativo entre espécimes de anuros e de megamamíferos foi realizado através da comparação dos atributos tafonômicos levantados neste trabalho com aqueles disponíveis em análises tafonômicas prévias para megamamíferos da acumulação fossilífera de João Cativo (*e.g.* Bergqvist *et al.*, 1997; Araújo-Júnior *et al.*, 2009, 2012; Araújo-Júnior, 2011). Interpretações paleoecológicas foram realizadas a partir do levantamento das necessidades autoecológicas conhecidas para os representantes atuais dos táxons registrados nos tanques de João Cativo.

O material de Anura foi encontrado em associação com restos de mamíferos típicos de Pleistoceno Final, a exemplo

Tabela 1. Espécimes de Anura coletados no Sítio Paleontológico João Cativo (Estado do Ceará), com seus estados preservacionais e dimensões.

Table 1. Specimens of Anura collected at João Cativo paleontological Site (Ceará State), with their preservational status and dimensions.

	Elemento esquelético	Integridade física	Maior comprimento (mm)	Maior largura (mm)
MN 3274-V	Ílio direito	Parcial	40	15
MN 3277-V	Fêmur direito	Fragmento	20	5
MN 3278-V	Tibiofibula direita	Parcial	55	10
MN 3279-V	Fêmur direito	Fragmento	35	5
MN 3281-V	Fêmur esquerdo	Fragmento	20	5
MN 3282-V	Úmero esquerdo	Fragmento	20	5
MN 3283-V	Tibiofibula esquerda	Fragmento	25	5
MN 3285-V	Fêmur esquerdo	Parcial	50	5
MN 3286-V	Ílio esquerdo	Fragmento	25	15
MN 3287-V	Tibiofibula esquerda	Completo	50	5
MN 3288-V	Ílio direito	Parcial	60	15

de, *Eremotherium laurillardii* (Lund, 1842), *Notiomastodon platensis* (Ameghino, 1888) e *Toxodon platensis* Owen, 1840 (Paula-Couto, 1980; Gomide, 1989; Bergqvist *et al.*, 1997; Araújo-Júnior, 2011). Além disso, táxons típicos do Lujanense argentino e uruguaio (vide Ubilla, 2004), como por exemplo, *Equus (Amerhippus) neogaeus* Lund, 1840, *Tapirus terrestris* (Linnaeus, 1758), *Tayassu pecari* (Link, 1795) e *Ozotocerus bezoarticus* (Linnaeus, 1758) também estão presentes nos tanques de João Cativo, reforçando a idade Pleistoceno Final para essa concentração fossilífera. Porém, datações numéricas realizadas em fósseis de megamamíferos de outros depósitos de tanque da RIB indicam uma idade Pleistoceno Final-Holoceno inicial (Kinoshita *et al.*, 2005, 2008; Silva, 2008; Oliveira *et al.*, 2009; Dantas *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2013). Desse modo, pela maior similaridade taxonômica entre as acumulações fossilíferas do Nordeste brasileiro (ver Araújo-Júnior *et al.*, 2011) e pela proximidade geográfica entre João Cativo e os depósitos quaternários datados na RIB, assume-se a idade Pleistoceno Final-Holoceno inicial para os anuros fósseis estudados neste trabalho.

Abreviações institucionais. UFRJ DG AC, Coleção de Anatomia Comparada do Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro; MN-V, Coleção de Paleovertebrados, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PALEONTOLOGIA SISTEMÁTICA

Classe AMPHIBIA Gray, 1825
Ordem ANURA Fischer von Waldheim, 1813
Família BUFONIDAE Gray, 1825

Rhinella Fitzinger, 1826

Rhinella jimi (Stevaux, 2002)
(Figuras 2A-J;3A,B)

Material. MN 3274-V (fragmento distal de ílio direito, Figuras 2A-B); MN 3278-V (tibiofíbula direita, Figuras 2G-H); MN 3279-V (fêmur esquerdo; Figura 3A); MN 3283-V (tibiofíbula esquerda, Figuras 2I-J); MN 3285-V (fêmur direito; Figura 3B); MN 3286-V (ílio esquerdo, Figuras 2C,D); MN 3287-V (tibiofíbula esquerda, Figuras 2E,F).

Localização geográfica e idade. Tanques da localidade João Cativo, município de Itapipoca, Estado do Ceará, Brasil; Pleistoceno Final-Holoceno inicial.

Descrição. O espécime MN 3274-V (Figuras 2A,B) consiste de um fragmento de ílio direito. Possui 40 mm em seu maior comprimento e 15 mm na maior largura (distância entre o *pars ascendens* e o *pars descendens*). O *pars ascendens* é bem desenvolvido. A fossa acetabular e a proeminência dorsal estão bem preservadas, porém a haste ilíaca está fraturada em sua parte central. Não há protuberância dorsal sobre a proeminência dorsal. No espécime, a proeminência dorsal é bem desenvolvida, porém baixa, e, em vista lateral, é dirigida dorsalmente. A região da sínfise ilíaca está preservada. A crista ilíaca é ausente. Em vista lateral, o ângulo formado entre a haste ilíaca e o *pars descendens* aproxima-se de 90°.

O exemplar MN 3278-V (Figuras 2G,H) consiste em uma tibiofíbula bem preservada, estando fragmentada apenas em parte da porção distal. As extremidades proximal e distal são bem desenvolvidas em relação à diáfise. O *foramen nutritium* é visível tanto em vista cranial quanto caudal, assim como os sulcos, característicos desse elemento esquelético. O exemplar possui 55 mm em seu maior comprimento e 10 mm em sua maior largura (extremidade proximal).

Os espécimes MN 3279-V (Figura 3A) e MN 3285-V (Figura 3B) são um fêmur esquerdo parcial e um fêmur direito completo, respectivamente. O primeiro mede 35 mm em seu maior comprimento e 5 mm em sua maior largura, enquanto o segundo atinge 50 mm em seu maior comprimento e 5 mm e sua maior largura. Ambos os fêmures apresentam crista femoral bem desenvolvida. Diferenças na coloração e nos graus de preservação dos espécimes não permitem a atribuição dos dois fêmures a um mesmo indivíduo.

O espécime MN 3283-V (Figuras 2I,J) é o mais fragmentado entre aqueles identificados. Está representado apenas pela parte mais central da diáfise de osso longo, tendo sido reconhecido através da identificação do *foramen nutritium*, visível em vistas anterior e posterior, e de um de seus sulcos, apenas em vista posterior. Suas dimensões são de 25 mm em seu maior comprimento e 5 mm em sua maior largura. Por comparação com os exemplares MN 3278-V e MN 3287-V, o espécime MN 3283-V foi identificado como uma tibiofíbula esquerda, aparentando ter porte semelhante ao de MN 3287-V.

O espécime MN 3286-V (Figuras 2C,D) consiste em um fragmento de ílio esquerdo, sendo este o mais pobremente representado entre os ílios identificados. Em vista lateral, mede 25 mm em seu maior comprimento e 15 mm em sua maior largura (distância entre o *pars ascendens* e o *pars descendens*). Está fraturado na porção central da haste ilíaca. Embora o espécime apresente algum grau de fragmentação nas proximidades da fossa acetabular, o *pars ascendens* aparenta ser menos desenvolvido que em MN 3274-V. Desse modo, a diferença entre a morfologia dos *pars ascendens* dos ílios direito (MN 3274-V) e esquerdo (MN 3286-V) permite atribuí-los a dois indivíduos diferentes. Assim como em MN 3274-V, a proeminência dorsal é bem desenvolvida, porém baixa, e, em vista lateral, dirigida dorsalmente. Do mesmo modo, não há protuberância dorsal sobre a proeminência dorsal. A região da sínfise ilíaca está fragmentada. Assim como em MN 3274-V, o espécime MN 3286-V não possui crista ilíaca e, em vista lateral, o ângulo formado entre a haste ilíaca e o *pars descendens* aproxima-se de 90°.

O espécime MN 3287-V (Figuras 2E,F) consiste em uma tibiofíbula esquerda, a qual é o espécime mais bem preservado entre os materiais de Anura identificados. Possui 50 mm em seu maior comprimento e 5 mm em sua maior largura (extremidade proximal). Assim como no espécime MN 3278-V, as extremidades proximal e distal são bem desenvolvidas em relação à diáfise. O *foramen nutritium* e os sulcos são visíveis tanto em vista cranial quanto caudal. Devido às semelhanças no tamanho e na coloração é possível que as tibiofíbulas MN 3278-V e MN 3287-V pertençam ao

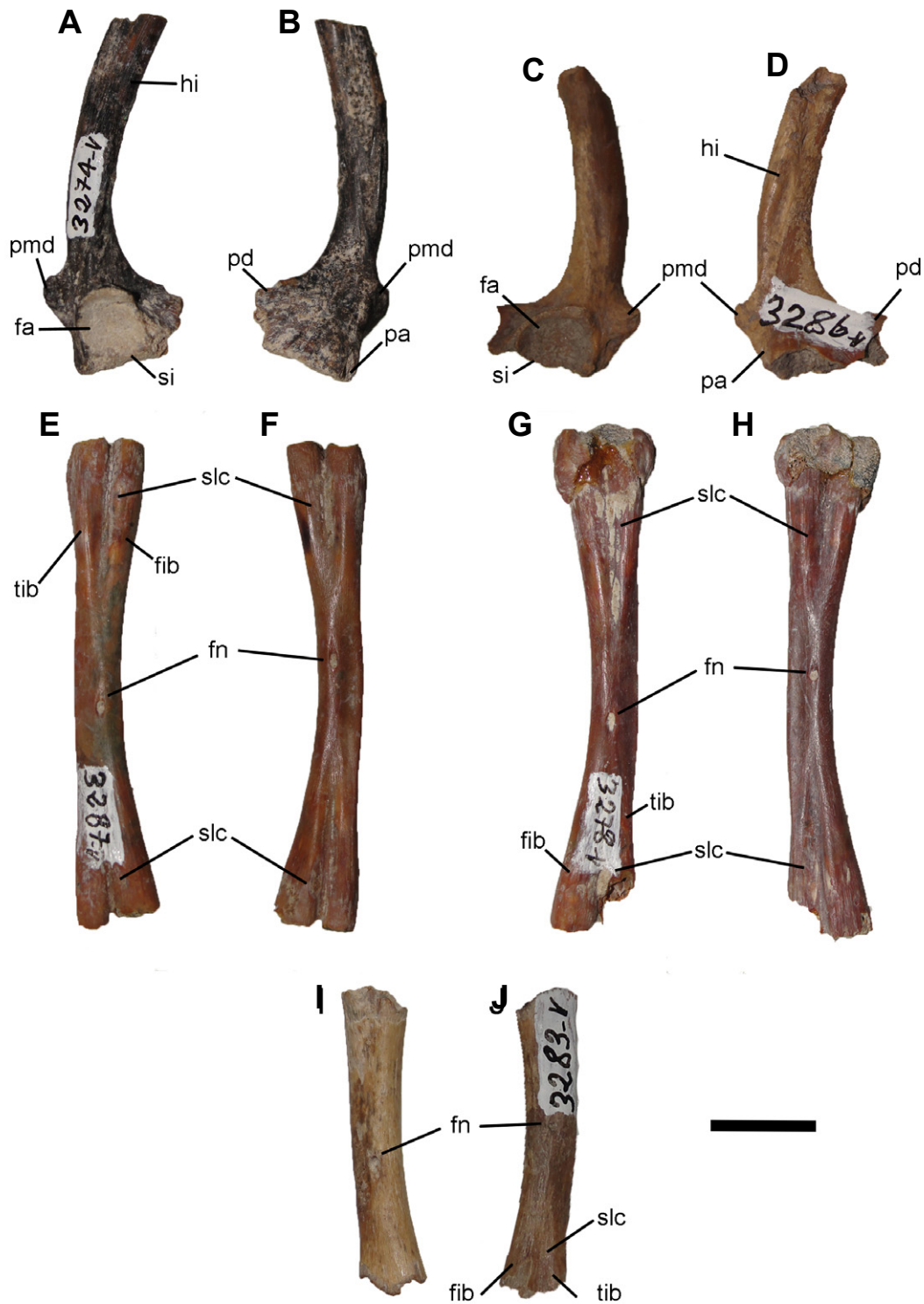


Figura 2. Ílios e tibiofíbulas atribuídos à espécie *Rhinella jimí*. MN 3274-V, fragmento de ílio direito, em vistas lateral (A) e medial (B); MN 3286-V, fragmento de ílio esquerdo, em vistas lateral (C) e medial (D); MN 3287-V, tibiofíbula esquerda, em vistas anterior (E) e posterior (F); MN 3278-V, tibiofíbula direita, em vistas anterior (G) e posterior (H); MN 3283-V, tibiofíbula esquerda, em vistas anterior (I) e posterior (J). **Abreviações:** fa, fossa acetabular; fib, fíbula; fn, *foramen nutritium*; hi, haste ilíaca; pa, *pars ascendens*; pd, *pars descendens*; pmd, proeminência dorsal; si, sínfise ilíaca; slc, sulco central; tib, tíbia. Escala = 10 mm.

Figure 2. Ili and tibiofibulae assigned to the species *Rhinella jimí*. MN 3274-V, fragment of right ilium, in lateral (A) and medial (B) views; MN 3286-V, fragment of left ilium, in lateral (C) and medial (D) views; MN 3287-V, left tibiofibula, in anterior (E) and posterior (F) views; MN 3278-V, right tibiofibula, in anterior (G) and posterior (H) views; MN 3283-V, left tibiofibula, in anterior (I) and posterior (J) views. **Abbreviations:** fa, acetabular fossa; fib, fibula; fn, *foramen nutritium*; hi, ilial shaft; pa, *pars ascendens*; pd, *pars descendens*; pmd, dorsal prominence; si, ilial symphysis; slc, central groove; tib, tibia. Scale bar = 10 mm.



Figura 3. Fêmures atribuídos à espécie *Rhinella jimi*. **A**, MN 3279-V, fêmur esquerdo em estado parcial, em vista lateral; **B**, MN 3285-V, fêmur direito, em vista lateral. **Abreviação:** cf, crista femoral. Escala = 10 mm.

Figure 3. Femora assigned to the species *Rhinella jimi*. **A**, MN 3279-V, partial left femur, in lateral view; **B**, MN 3285-V, right femur, in lateral view. **Abbreviation:** cf, femoral crest. Scale bar = 10 mm.

mesmo indivíduo.

Comparação. Os ílios direito (MN 3274-V) e esquerdo (MN 3286-V) são mais robustos, e de porte avantajado, assim como em *Rhinella jimi* (UFRJ DG 86 AC) e *R. schneideri*, diferindo de *R. icterica* (UFRJ DG 4 AC) e *Leptodactylus* (UFRJ DG 5 AC), os quais são menores e mais delgados (este último mais delgado que em *R. icterica*). A ausência de protuberância dorsal nos espécimes de Itapipoca também ocorre em *R. jimi*, *R. schneideri*, *R. marina*, *R. poeppigii*, *R. arenarum* e *R. icterica*, diferindo de *R. margaritifera*, a qual possui protuberância dorsal. As hastes ilíacas não apresentam crista ilíaca, semelhantemente ao que acontece em *R. jimi*, *R. icterica* e *R. margaritifera*, diferentemente de *R. arenarum*, *R. marina*, *R. poeppigii* e *R. schneideri*, os quais possuem crista ilíaca pouco desenvolvida (Pramuk, 2006), e de *Leptodactylus*, o qual possui uma crista ilíaca bem pronunciada e que, em vista lateral, se projeta dorsalmente ao longo de toda a haste ilíaca. Em vista lateral, um ângulo de aproximadamente 90° entre a haste ilíaca e o *pars descendens* é observado tanto nos espécimes fósseis quanto em *R. jimi* e *R. icterica*, enquanto que em *Leptodactylus* tal ângulo é de aproximadamente 75° (ângulo agudo). Por fim, em vista

lateral, a fossa acetabular em MN 3274-V e MN 3286-V tem contorno arredondado como em *R. jimi*, enquanto que em *R. icterica* e *Leptodactylus* o contorno da fossa acetabular é quase retilíneo na sua região dorsal.

As tibiofíbulas MN 3278-V e 3287-V são maiores em tamanho que as de *Rhinella icterica* e *Leptodactylus*. Possuem extremidades proximal e distal bem desenvolvidas e robustas, como em *R. jimi*, porém diferem de *R. icterica*, onde a razão entre os portes de extremidades e diáfise é menor, e de *Leptodactylus*, o qual possui tibiofíbulas bem mais delgadas. Os sulcos em MN 3278-V e 3287-V são mais marcados que em todos os anuros atuais comparados, porém são mais semelhantes aos de *R. jimi*, principalmente na porção distal (em vista anterior). Os fêmures MN 3279-V e MN 3285-V são maiores em tamanho que os de *R. icterica* e de *Leptodactylus*, apresentando tamanho mais aproximado de *R. jimi*. Além disso, a crista femoral é desenvolvida e maior, como em *R. jimi*, diferentemente de *R. icterica*, onde a crista femoral é menos desenvolvida, e de *Leptodactylus*, no qual a crista femoral é ausente.

De acordo com Tihen (1962b), ausência de crista ilíaca e presença de proeminência dorsal bem desenvolvida, baixa, projetada dorsalmente e sem protuberância dorsal formam uma combinação de caracteres que distingue o ílio do gênero “*Bufo*” (atualmente alocado em *Rhinella*, no caso dos “*Bufo*” brasileiros) do restante dos gêneros de anuros. Tais características são observadas nos espécimes MN 3274-V e MN 3286-V. Os espécimes MN 3278-V e MN 3287-V apresentam a morfologia geral das tibiofíbulas de “*Bufo*”: são robustas e possuem extremidades proximal e distal bem desenvolvidas (Blain *et al.*, 2008). Além disso, a robustez dos fêmures também é característica do gênero “*Bufo*” (Martin, 1972). A comparação dos ílios, das tibiofíbulas e dos fêmures com aqueles de anuros atuais e com os caracteres descritos por Pramuk (2006) mostra que os espécimes fósseis compartilham grande quantidade de características com a espécie *R. jimi*, o que permite uma atribuição dos espécimes MN 3274-V, MN 3278-V, MN 3279-V, MN 3283-V, MN 3285-V, MN 3286-V e MN 3287-V a essa espécie. Por compartilhar semelhanças com MN 3287-V (ver item descrição), o espécime MN 3283-V também é atribuído à espécie *R. jimi*.

Comentários. A família Bufonidae é uma das mais bem conhecidas famílias da ordem Anura e sua distribuição é uma das maiores entre os vertebrados atuais (Pramuk *et al.*, 2001). Atualmente, ocorre naturalmente em todos os continentes, exceto na Antártida e Oceania. Na América, populações naturais de Bufonidae ocorrem do sul do Texas e noroeste do México até o sul do Brasil (Ceil, 1968; Zug & Zug, 1979; Garcia *et al.*, 2007). De acordo com Frost (2013), atualmente existem 53 gêneros e 576 espécies pertencentes a essa família, das quais, segundo Segalla *et al.* (2012), 70 ocorrem no Brasil.

No Brasil, fósseis da família Bufonidae foram mencionados por Estes (1970) e por Báez & Nicoli (2004) para a bacia de Itaboraí (Paleoceno final), porém os espécimes fósseis encontrados não foram descritos ou figurados. Assim, este consiste na primeira descrição formal de uma espécie de Bufonidae em depósitos fossilíferos do Brasil.

A espécie *Rhinella jimi* (Figura 5A) está entre aquelas com indivíduos de maior porte entre os anuros neotropicais (Stevaux, 2002), portanto tem maior potencial de preservação quando comparada a outras espécies de anuros. Sua distribuição geográfica atual – ocorre apenas nos estados do Nordeste do Brasil (*sensu* Stevaux, 2002) – sugere que essa espécie é endêmica da Região Intertropical Brasileira (RIB). De acordo com Maciel *et al.* (2010), a origem da espécie *R. jimi* está relacionada ao surgimento de barreiras geográficas e de rotas de dispersão durante o *uplift* do Escudo Central Brasileiro, no final do Mioceno (há ~8,08 Ma, com base em dados moleculares).

Rhinella schneideri (Werner, 1894)
(Figuras 4A,B)

Material. MN 3288-V (ílio direito; Figuras 4A,B).

Localização geográfica e idade. Tanques da localidade João Cativo, município de Itapipoca, Estado do Ceará, Brasil; Pleistoceno Final-Holoceno inicial.

Descrição. O espécime MN 3288-V (Figura 4) consiste em um ílio direito completo, medindo 60 mm em seu maior comprimento e 15 mm em sua maior largura (distância entre o *pars ascendens* e o *pars descendens*). A fossa acetabular e a haste ilíaca estão bem preservadas. Diferentemente dos espécimes MN 3274-V e MN 3286-V, é possível observar em vista lateral a crista ilíaca em MN 3288-V, a qual é pronunciada e atinge seu ápice na parte central da haste ilíaca. A proeminência dorsal está presente. A sínfise ilíaca está bem preservada. Assim como em MN 3274-V e MN 3286-V, o ângulo formado entre a haste ilíaca e o *pars descendens* aproxima-se de 90°, quando visualizado em vista lateral. Adicionalmente, não há protuberância dorsal sobre a proeminência dorsal e, assim como nos outros ílios, a proeminência dorsal em MN 3288-V também é bem desenvolvida, porém baixa, e, em vista lateral, dirigida dorsalmente.

Comparação. Assim como na comparação anterior, o espécime MN 3288-V compartilha diversas características com as espécies do gênero *Rhinella*, sendo bastante distinto de *Leptodactylus*. São exemplos dessas características: (i) o tamanho avantajado; (ii) ângulo de 90° formado entre a haste ilíaca e o *pars descendens*; (iii) ausência de protuberância dorsal sobre a proeminência dorsal; e (iv) proeminência dorsal bem desenvolvida, baixa e dirigida dorsalmente. Como anteriormente mencionado, a combinação entre algumas dessas características (*sensu* Blain *et al.*, 2008) é diagnóstica para o gênero “*Bufo*” (= *Rhinella* no Brasil). Por outro lado, a presença de crista ilíaca torna o espécime MN 3288-V diferente dos ílios de *R. jimi* encontrados em Itapipoca (MN 3274-V e MN 3286-V) e também das espécies atuais (*R. jimi* e *R. icterica*) utilizadas para comparação. De acordo com Pramuk (2006), entre os bufonídeos do “Grupo *R. marina*”, a crista ilíaca está presente em *R. schneideri*, *R. arenarum*, *R. poeppigii* e *R. marina*. Porém, entre essas espécies, a única que apresenta porte compatível com o espécime MN 3288-V é *R. schneideri*. Assim, o espécime MN 3288-V é atribuído à

espécie *R. schneideri*.

Comentários. Assim como no caso de *Rhinella jimi*, esse consiste no primeiro registro da espécie *R. schneideri* (Figura 5B) em depósitos fossilíferos do Brasil. Atualmente essa espécie apresenta distribuição geográfica mais ampla que *R. jimi*, ocorrendo no Brasil (na costa atlântica, do sul do Ceará ao Rio Grande do Sul), Paraguai, Bolívia (leste e Amazônia boliviana), Argentina (norte, central e sudoeste) e Uruguai (porção norte; Frost, 2013). O presente registro mostra que a distribuição de *R. schneideri* foi mais ampla que a atual, estendendo-se até o noroeste do estado do Ceará.

Para Maciel *et al.* (2010), *Rhinella schneideri* também surgiu durante o final do Mioceno (há ~8,08 Ma) a partir do *uplift* do Escudo Central Brasileiro. Esses autores complementam que os eventos biogeográficos ocorridos durante o Neógeno e o Quaternário nos Andes e na bacia Amazônica foram fundamentais para a diversificação atual dos bufonídeos no Brasil (Maciel *et al.*, 2010), incluindo as duas espécies registradas como fósseis em Itapipoca.

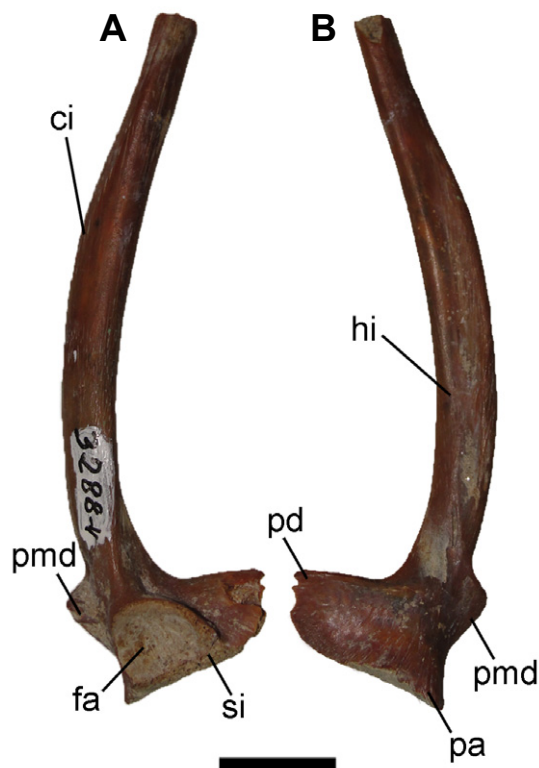


Figura 4. Ílio atribuído à espécie *Rhinella schneideri*. **A**, MN 3288-V, ílio direito, em vista lateral; **B**, MN 3288-V, ílio direito, em vista medial. **Abreviações:** ci, crista ilíaca; fa, fossa acetabular; hi, haste ilíaca; pa, *pars ascendens*; pd, *pars descendens*; pmd, proeminência dorsal; si, sínfise ilíaca. Escala = 10 mm.

Figure 4. Ilium assigned to the species *Rhinella schneideri*. **A**, MN 3288-V, right ilium, in lateral view; **B**, MN 3288-V, right ilium, in medial view. **Abbreviations:** ci, ilial crest; fa, acetabular fossa; hi, ilial shaft; pa, *pars ascendens*; pd, *pars descendens*; pmd, dorsal prominence; si, ilial symphysis. Scale bar = 10 mm.

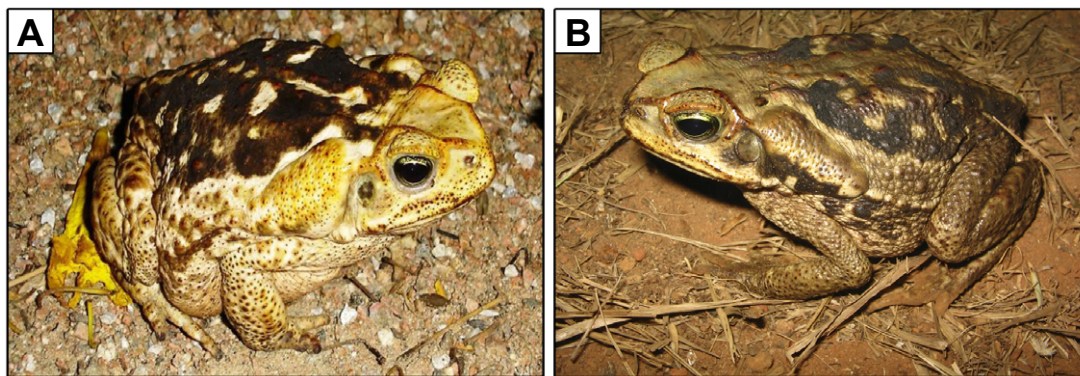


Figura 5. Indivíduos atuais de *Rhinella*. **A**, *Rhinella jimi* (tamanho aproximadamente 110 mm); **B**, *Rhinella schneideri* (tamanho aproximadamente 115 mm).

Figure 5. Extant individuals of *Rhinella*. **A**, *Rhinella jimi* (size about 110 mm); **B**, *Rhinella schneideri* (size about 115 mm).

ANURA indet.

Material. MN 3277-V (fêmur direito); MN 3281-V (fêmur esquerdo); MN 3282-V (úmero esquerdo). Devido ao estado fragmentário do material e à ausência de caracteres diagnósticos, não foi possível fazer uma atribuição taxonômica mais refinada para os materiais supracitados.

Localização geográfica e idade. Tanques da localidade João Cativo, município de Itapipoca, Estado do Ceará, Brasil; Pleistoceno Final-Holoceno inicial.

A Figura 6 mostra todos os registros de Anura em depósitos fossilíferos brasileiros, incluindo os deste trabalho.

ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS

Os anuros possuem necessidades autoecológicas bem definidas e, como supracitado, é um clado bastante útil como paleobioindicador ambiental. Esse grupo possui hábito alimentar carnívoro, sendo geralmente insetívoro (Toft, 1980, 1981; Duellman & Trueb, 1994), podendo se alimentar de insetos, aracnídeos e até de pequenos vertebrados (Pough *et al.*, 2004; Batista *et al.*, 2011), sendo oportunista esporadicamente (Caramaschi, 1981).

Os bufonídeos são terrestres e principalmente insetívoros (Frost *et al.*, 2006; Moura *et al.*, 2011) e noturnos (Norman, 1994). Quando adultos se agregam em brejos ou em ambientes lânticos para reprodução (Haddad & Prado, 2005). Essa família, por apresentar espécies bastante generalistas, não é considerada um bom indicador paleoambiental, porém segundo Sousa *et al.* (2008), esses anuros podem funcionar como bioindicadores da diversidade de outros grupos da biota, seja animais ou vegetais. Essa ideia concorda com a quantidade de espécies observada na acumulação fossilífera de João Cativo, a qual possui uma das mais altas diversidades de vertebrados quaternários conhecidas para os depósitos de tanque do Nordeste brasileiro (Bergqvist *et al.*, 1997; Araújo-Júnior, 2011). Possivelmente, os bufonídeos fizeram parte da dieta de outros vertebrados encontrados em João Cativo, como por exemplo, répteis em geral e aves de rapina (Paula-Couto, 1980; Metello & Araújo-Júnior, 2012).

Os aspectos autoecológicos de *R. jimi* e *R. schneideri* são bastante úteis em termos paleoambientais. De acordo com Maciel *et al.* (2010), a pele áspera e queratinizada dessas duas espécies é claramente uma adaptação para ambientes áridos. Adicionalmente, a espécie *R. schneideri* parece ser adaptadas para condições ainda mais extremas, pois é uma das poucas espécies de anuros capaz de se reproduzir em períodos secos (Norman, 1994). Assim, a presença desses anuros na paleofauna de João Cativo assegura um clima árido naquela região durante o Pleistoceno Final-Holoceno inicial. Além disso, a distribuição atual de *R. jimi* (*sensu* Stevaux, 2002) parece sugerir que esses anfíbios estão adaptados para áreas com marcada sazonalidade, com distinção clara entre períodos secos e períodos de maior pluviosidade. Essa característica pode indicar que essa condição sazonal já estava bem estabelecida em Itapipoca durante o final do Pleistoceno Final-início do Holoceno. Por fim, com base em observações atualísticas em tanques, é possível inferir que, nos períodos chuvosos, essas depressões podem ter funcionado como sítios de reprodução, alimentação e morte para essa anurofauna.

ASPECTOS TAFONÔMICOS

Descrição

A assembleia de anuros de Itapipoca está representada apenas por ossos pós-cranianos e totalmente desarticulados. Estão presentes os ossos mais densos do esqueleto dos anuros, como ílios, fêmures, úmero e tibiofíbulas. É possível que, devido ao tamanho reduzido, alguns elementos esqueléticos, como por exemplo, ossos cranianos, radioulnas, tibiais, fibulares, metapodiais e falanges, não tenham sido coletados. Outros tipos de ossos, como vértebras e uróstilos, também estão ausentes. Porém, não se pode excluir a hipótese de terem sido dispersos por transporte hidráulico ou eólico antes do soterramento ou destruídos durante a fase fossilização. Com base na representatividade óssea identificada foi possível calcular o MNI dos táxons identificados em Itapipoca: (i) *Rhinella jimi* = 2; (ii) *R. schneideri* = 1; e (iii) Anura indet. = 1. Com relação aos tipos de fraturas, apenas fraturas irregulares perpendiculares ao maior eixo dos ossos alongados são

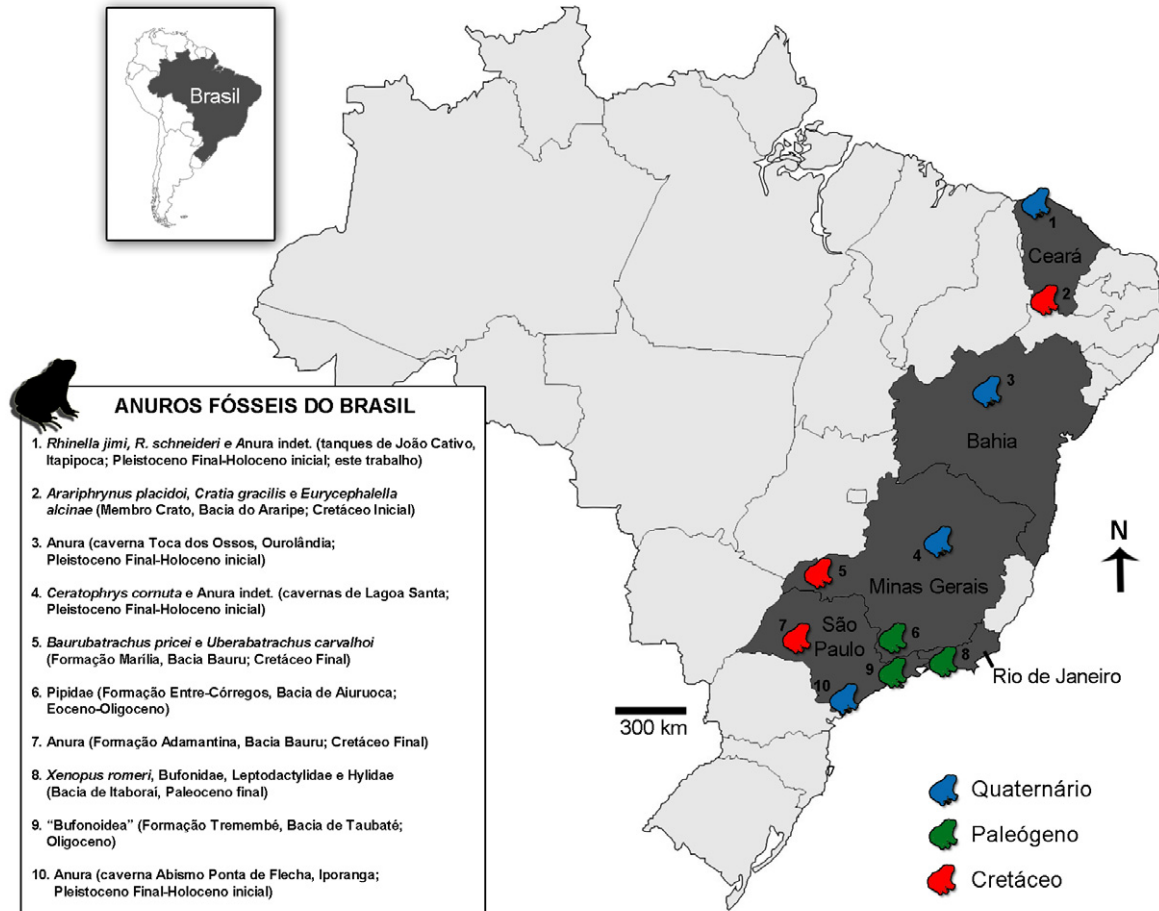


Figura 6. Mapa das ocorrências de anuros fósseis no Brasil. **Referências:** 1, este trabalho; 2, Maisey (1991), Leal & Brito (2006), Moura & Báez (2006) e Báez *et al.* (2009); 3, Scherer *et al.* (2012); 4, Günther (1859) e Perônico & Araújo (2000); 5, Báez & Perí (1989) e Báez *et al.*, (2012a); 6, Bedani & Haddad (2002); 7, Carvalho *et al.* (2003) e Carvalho (2006); 8, Estes (1975) e Báez & Nicoli (2004); 9, Riff & Bergqvist (1999); 10, Chahud (2005).

Figure 6. Map of the occurrences of fossil anurans in Brazil. **References:** 1, this paper; 2, Maisey (1991), Leal & Brito (2006), Moura & Báez, (2006) and Báez *et al.* (2009); 3, Scherer *et al.* (2012); 4, Günther (1859) and Perônico & Araújo (2000); 5, Báez & Perí (1989), and Báez *et al.*, (2012a); 6, Bedani & Haddad (2002); 7, Carvalho *et al.* (2003); 8, Estes (1975) and Báez & Nicoli (2004); 9, Riff & Bergqvist (1999); 10, Chahud (2005).

observadas (Figuras 7A,B). Fraturas pós-fossilização, como as lisas perpendiculares ao maior eixo dos ossos, estão ausentes no material estudado. Marcas de dentes e de pisoteio não foram observadas. Também estão ausentes as marcas de dessecação (ver Figuras 7C,D), o que permite enquadrar os restos de anuros no estágio 0 da escala de intemperismo de Behrensmeier (1978). Não foram observados sinais de abrasão e corrosão nos espécimes analisados. As bordas de fraturas não apresentam sinais de abrasão ou corrosão (ver espécimes das Figuras 2-4,7).

Interpretação

A baixa quantidade de espécimes preservados, quando comparada ao que deveria ser encontrada caso os anuros tivessem morrido no interior dos tanques, poderia indicar que provavelmente esses indivíduos morreram em áreas próximas e foram transportados para o interior dos tanques. Essa interpretação seria concordante com a hipótese proposta

por Bergqvist *et al.* (1997), Araújo-Júnior (2011) e Araújo-Júnior *et al.* (2012) para os mamíferos encontrados nos tanques de João Cativo, os quais sofreram curto transporte por fluxos de detritos até o interior dessas depressões. Por outro lado, nos fósseis de mamíferos são observadas marcas de abrasão (Bergqvist *et al.*, 1997; Araújo-Júnior *et al.*, 2009, 2012; Araújo-Júnior, 2011), corroborando a hipótese de transporte. Essas marcas não são observadas nos fósseis de *Anura*, invalidando a hipótese de esses espécimes terem sido transportados. Além disso, segundo Pinto-Llona & Andrews (1999), ossos de anuros transportados em contato com sedimentos arenosos a conglomeráticos – o caso dos tanques de João Cativo – têm sua superfície óssea rapidamente polida. Como informado anteriormente, sinais de polimento (= abrasão) não estão presentes no material analisado, indicando que os restos de anuros não foram transportados junto aos sedimentos em que ficaram preservados (sedimentos arenosos). Assim, a ausência de alguns elementos ósseos,

como ossos cranianos, tibiais, fibulares, metapodiais e falanges, pode estar relacionada à destruição durante eventos fossildiagnéticos, como por exemplo, o desabamento de grandes blocos de embasamento das paredes dos tanques sobre os restos esqueléticos, referido por Souza-Cunha (1966).

Considerando-se a ausência de sinais de abrasão nos espécimes de anuros e a declividade acentuada das paredes dos tanques de João Cativo (ver Figuras 1C,D), é mais plausível assumir que os anuros, através de seu hábito de frequentar corpos d'água, tenham entrado nos tanques quando estes se encontravam abastecidos de água, não conseguindo mais sair e, conseqüentemente, morrendo no interior dessas depressões. Com base em observações actuopaleontológicas do primeiro autor, ainda é possível observar atualmente carcaças de anuros mortos (principalmente bufonídeos) dentro de tanques naturais em períodos mais úmidos (Figura 8), geralmente dispostos com os membros posteriores estendidos, posição de morte descrita por Moura & Barreto (2006) para anuros que morreram em microambientes aquosos, devido ao estado de turgência da musculatura longitudinal dos apêndices. Então, levando em consideração as evidências disponíveis, é mais plausível inferir que os anuros tenham morrido no interior

dos tanques, diferentemente dos mamíferos ali preservados. Assim, conclui-se que a acumulação de vertebrados dos tanques de João Cativo resulta da associação entre elementos esqueléticos autóctones (anuros) e parautóctones (mamíferos, aves e répteis).

A ausência de marcas de dessecação, de dentes e de pisoteio sugere que esses indivíduos foram rapidamente soterrados (Holz & Simões, 2002; Rogers *et al.*, 2007), provavelmente no último aporte de fluxos de detritos dentro dos tanques, pois do contrário (se posteriormente tivessem sofrido retrabalhamento e redeposição) estariam mais fragmentados ou, devido à fragilidade, nem se preservariam. O fraturamento observado no material também pode estar relacionado à queda de blocos de embasamento sobre os restos esqueléticos após sua deposição final dentro dos tanques (Souza-Cunha, 1966).

Comparando-se os atributos tafonômicos identificados nos espécimes de anuros com aqueles previamente conhecidos para os outros vertebrados (essencialmente mamíferos) dos tanques de João Cativo (Bergqvist *et al.*, 1997; Araújo-Júnior & Porpino, 2010; Araújo-Júnior *et al.*, 2009; Araújo-Júnior, 2011), observa-se uma grande discrepância em termos de



Figura 7. Feições tafonômicas observadas nos fósseis de Anura do Sítio Paleontológico João Cativo. **A**, quebras irregulares perpendiculares ao maior eixo do fêmur direito MN 3277-V pertencente a Anura indet. (em vista lateral); **B**, quebras irregulares perpendiculares ao maior eixo da tibiofibula esquerda MN 3283-V pertencente a *Rhinella jimi* (em vista anterior); **C**, tibiofibula esquerda MN 3287-V pertencente a *Rhinella jimi* (em vista posterior), sem sinais de abrasão, corrosão ou intemperismo; **D**, ílio direito MN 3288-V pertencente a *Rhinella schneideri* (em vista medial), sem sinais de abrasão, corrosão ou intemperismo; setas indicam fraturas. Escala = 10 mm.

Figure 7. Taphonomic features observed on fossils of Anura from João Cativo Paleontological Site. **A**, irregular fractures perpendicular to the long axis of the right femur MN 3277-V belonging to Anura indet. (in lateral view); **B**, irregular fractures perpendicular to the long axis of the left tibiofibula MN 3283-V belonging to *Rhinella jimi* (in anterior view); **C**, left tibiofibula MN 3287-V belonging to *Rhinella jimi* (in posterior view), without signs of abrasion, corrosion or weathering; **D**, right ilium MN 3288-V belonging to *Rhinella schneideri* (in medial view), without signs of abrasion, corrosion or weathering; arrows indicate fractures. Scale bar = 10 mm.

modificações ósseas superficiais. De acordo com Bergqvist *et al.* (1997) e Araújo-Júnior (2011), os fósseis de mamíferos encontram-se bastante fragmentados e com sinais de abrasão. Contrariamente, os anuros exibem grau de fragmentação menor que o de outros vertebrados e não apresentam sinais de abrasão. Com relação ao intemperismo, nos espécimes de mamíferos observam-se facilmente marcas de dessecação (Araújo-Júnior & Porpino, 2010; Araújo-Júnior *et al.*, 2009), diferentemente dos anuros, os quais não possuem essas feições. Portanto, é evidente que os restos esqueléticos de anuros e de mamíferos possuem histórias tafonômicas distintas, sugerindo a existência de algum grau de mistura temporal (= *time-averaging*) ou espacial (= *spatial-mixing*) nessa acumulação fossilífera, concordando com estudos prévios de tafonomia em depósitos de tanque (Dantas & Tasso, 2007; Araújo-Júnior & Porpino, 2010, 2011; Araújo-Júnior *et al.*, 2013) e de datações numéricas em fósseis de megamamíferos dessas assembleias (Kinoshita *et al.*, 2005, 2008; Dantas *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2013). Assim, as inferências aqui apresentadas lançam nova luz sobre as hipóteses relacionadas à origem de restos de vertebrados em depósitos de tanque (ver item “Área de estudo e aspectos geológicos dos tanques”), pois as distintas histórias tafonômicas interpretadas para mamíferos e anuros dos tanques de João Cativo mostram que, em alguns casos, mais de uma forma de origem de restos de vertebrados em tanques (neste caso, a partir da morte dos anuros *in situ* e de

restos de mamíferos transportados) podem ocorrer em uma mesma concentração óssea.

Por fim, a ausência de sinais de digestão (*e.g.* marcas de corrosão) sugere que os ossos de anuros não foram depositados no interior dos tanques por predadores (Lyman, 1994), em contraste com o que parece ter sido comum em outras acumulações de anuros fósseis (principalmente no Quaternário), onde ocorrem acumulações originadas pela ação predatória de aves de rapina (ver Andrews, 1990; Pinto-Llona & Andrews, 1999; Stoetzel *et al.*, 2011; Montalvo *et al.*, 2012). Embora a ocorrência de anuros nos tanques de João Cativo provavelmente resulte de morte *in situ*, esse contexto tafonômico pode não ser aplicável às outras acumulações quaternárias contendo anuros no Brasil, como as cavernas (*e.g.*, Toca dos Ossos e Toca da Boa Vista, Bahia; Gruta do Urso Fóssil, Ceará; Gruta do Urso, Tocantins; Abismo Ponta de Flecha, São Paulo; Gruta Bauzinho dos Ossos, Minas Gerais). Nesse sentido, ressalta-se a necessidade de análises tafonômicas envolvendo acumulações de cavernas contendo anuros fósseis a fim de reconhecer seus processos genéticos, os quais podem incluir: (i) origem a partir de predação (principalmente por aves de rapina); (ii) origem a partir de transporte hidráulico de baixa energia a partir de áreas próximas; (iii) origem a partir de morte *in situ*; ou (iv) origem a partir da associação de dois ou mais dos fatores mencionados.

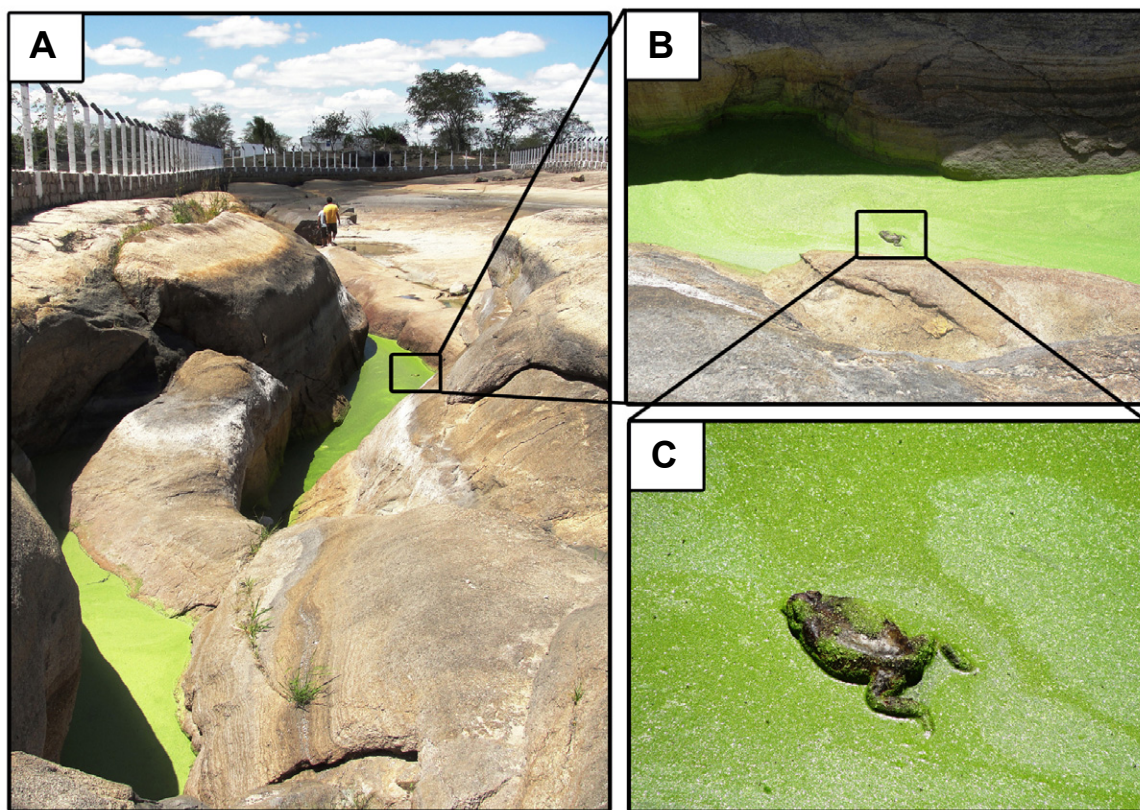


Figura 8. Esqueleto de indivíduo de Bufonidae recente que morreu no interior de um tanque na localidade de Lage Grande, município de Alagoinha, Estado de Pernambuco. **A**, vista geral do tanque; **B**, indivíduo morto no interior da depressão; **C**, esqueleto de Bufonidae.

Figure 8. Skeleton of individual of extant Bufonidae that died inside a tank at Lage Grande town, Alagoinha municipality, Pernambuco State. **A**, general view of the tank; **B**, dead individual inside the tank; **C**, skeleton of Bufonidae.

CONCLUSÕES

Anuros fósseis das espécies *Rhinella jimi* e *R. schneideri* são registrados nos tanques fossilíferos do Sítio Paleontológico João Cativo, em Itapipoca, Estado do Ceará. Este consiste no primeiro registro de Anura em depósitos de tanque e na primeira descrição formal de anuros da família Bufonidae em depósitos fossilíferos do Brasil. A identificação dessa anurofauna amplia a diversidade de vertebrados conhecidos para o Quaternário da região de Itapipoca, área já conhecida pela grande quantidade de táxons de mamíferos quaternários em seus depósitos fossilíferos.

É possível que os restos fósseis de anuros de outros depósitos quaternários do Nordeste e Sudeste do Brasil, como por exemplo, Toca dos Ossos-BA, Abismo Ponta de Flecha-SP e Gruta Bauzinho dos Ossos-MG, também pertençam a espécies dessa família, a qual tem maior potencial de fossilização entre os anuros e apresenta ampla distribuição atualmente no Brasil, padrão que pode ter sido semelhante ou maior durante o Pleistoceno Final-Holoceno inicial.

As necessidades autoecológicas das espécies identificadas sugerem um clima árido com marcada estacionalidade, com distinção clara entre os períodos mais secos e os com maior pluviosidade. Devido às exigências fisiológicas dos anuros, no que se refere à baixa capacidade de retenção hídrica e conseqüentemente à necessidade de hidratação, é possível que esses indivíduos tenham entrado nos tanques quando estes se encontravam cheios de água, não conseguindo mais sair, dada a declividade das paredes dessas depressões. Portanto, considera-se os espécimes de anuros como autóctones, diferentemente dos répteis, aves e mamíferos encontrados em associação (parautóctones).

Com base neste estudo pode-se concluir que, em alguns casos, as acumulações fossilíferas de depósitos de tanque podem ser o resultado final da mistura entre espécimes esqueléticos autóctones e parautóctones. Por fim, as divergências tafonômicas observadas entre anuros e mamíferos reforça a ideia de misturas temporal e espacial nos tanques do Sítio Paleontológico João Cativo.

AGRADECIMENTOS

A D.D.R. Henriques e ao Museu Nacional pelo acesso ao material estudado; a A.A. Souto e L.B. Carvalho, que primeiramente estudaram esse material e gentilmente permitiram o estudo dos espécimes; a C.L. Ximenes, M.L.A. Ximenes, F. Monteiro, L.P. Bergqvist, S.B.S. Prestes e à Prefeitura Municipal de Itapipoca pelo auxílio no reconhecimento da área de estudo. Ao Departamento de Geologia da UFRJ pelo acesso ao material de anuros recentes da Coleção de Anatomia Comparada; a U. Caramaschi pelo auxílio na identificação dos espécimes; a C.C. Rangel pela revisão crítica do manuscrito; a A.M. Báez, K.O. Porpino e ao revisor anônimo pelas sugestões e críticas, as quais foram fundamentais para o aprimoramento deste manuscrito; a M.A. Freitas por gentilmente conceder a Figura 5B; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq; processo # 140497/2012-9) e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ; processo # E-26/100.221/2014) pela concessão de bolsas de doutorado a HIAJr.

REFERÊNCIAS

- Almeida, L.L.; Cabral, F.R. & Nunes, P.C. 1999. As rãs do Museu de Paleontologia da URCA em Santana do Cariri: breves considerações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 16, 1999. *Boletim de Resumos*, Crato, URCA, p. 14.
- Andrews, P. 1990. *Owls, Caves and Fossils*. Chicago, University of Chicago Press, 231 p.
- Araújo-Júnior, H.I. 2011. Taphonomic and paleoecological aspects of the fossil assemblage of Pleistocene vertebrates from the natural tanks of João Cativo, Itapipoca, Ceará State, Brazil: an integrated approach. In: *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, SBP, p. 92 (Paleontologia em Destaque 64).
- Araújo-Júnior, H.I.; Bissaro-Júnior, M.C.; Santos, T.T.; Alves, R.S. & Bergqvist, L.P. 2012. Tafonomia da megafauna pleistocênica brasileira: *Fluvial Transport Index* (FTI) em análises de representatividade óssea. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **15**:95-104. doi:10.4072/rbp.2012.1.08
- Araújo-Júnior, H.I. & Porpino, K.O. 2010. Assinaturas tafonômicas em fósseis de mamíferos de tanques naturais do Nordeste do Brasil. In: *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, SBP, p. 74 (Paleontologia em Destaque 63).
- Araújo-Júnior, H.I. & Porpino, K.O. 2011. Assembleias fossilíferas de mamíferos do Quaternário do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil: diversidade e aspectos tafonômicos e paleoecológicos. *Pesquisas em Geociências*, **38**:67-83.
- Araújo-Júnior, H.I.; Porpino, K.O. & Ximenes, C.L. 2009. Informações tafonômicas sobre a assembleia fossilífera de João Cativo, Itapipoca, Ceará, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 21, 2009. *Resumos*, Belém, UFPA, p. 145-146.
- Araújo-Júnior, H.I.; Porpino, K.O.; Ximenes, C.L. & Bergqvist, L.P. 2011. Análise multivariada como ferramenta tafonômica no estudo das associações quaternárias de mamíferos do Nordeste do Brasil. *Gaea – Journal of Geoscience*, **7**:104-111. doi:10.4013/gaea.2011.72.03
- Araújo-Júnior, H.I.; Porpino, K.O.; Ximenes, C.L. & Bergqvist, L.P. 2013. Unveiling the taphonomy of elusive natural tank deposits: a study case in the Pleistocene of northeastern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **378**:52-74. doi:10.1016/j.palaeo.2013.04.001
- Báez, A.M.; Gómez, R.O.; Ribeiro, L.C.B.; Martinelli, A.G.; Teixeira, V.P.A. & Ferraz, M.L.F. 2012a. The diverse Cretaceous neobatrachian fauna of South America: *Uberabatrachus carvalhoi*, a new frog from the Maastrichtian Marília Formation, Minas Gerais, Brazil. *Gondwana Research*, **22**:1141-1150. doi:10.1016/j.gr.2012.02.021
- Báez, A.M.; Gómez, R.O. & Taglioretti, M.L. 2012b. The archaic ilial morphology of an enigmatic pipid frog from the Upper Pleistocene of the South American Pampas. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **32**:304-314. doi:10.1080/02724634.2012.637591
- Báez, A.M.; Moura, G.J.B. & Gómez, R.O. 2009. Anurans from the Lower Cretaceous Crato Formation on northeastern Brazil: implications for the early divergence on neobatrachians. *Cretaceous Research*, **30**:829-846. doi:10.1016/j.cretres.2009.01.002

- Báez, A.M. & Nicoli, L. 2004. Bufonid toads from the Late Oligocene beds of Salla, Bolivia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **24**:73-79. doi:10.1671/1900-6
- Báez, A.M. & Peri, S. 1989. *Baurubatrachus pricei*, nov. gen. et sp., un Anuro del Cretácico Superior de Minas Gerais, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **61**:447-458.
- Batista, R.C.; De-Carvalho, C.; Freitas, E.B.; Franco, S.C.; Batista, C.C.; Coelho, W.A. & Faria, R.G. 2011. Diet of *Rhinella schneideri* (Werner, 1894) (Anura: Bufonidae) in the Cerrado, Central Brazil. *Herpetology Notes*, **4**:17-21.
- Bedani, E.F. & Haddad, C.F.B. 2002. Estudos preliminares de anfíbios (Anura, Pipidae) na Formação Entre-Córregos, Bacia de Aiuruoca, Terciário do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Revista Universidade Guarulhos*, **7**:35-42.
- Behrensmeyer, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, **4**:150-162.
- Behrensmeyer, A.K. 1991. Terrestrial vertebrate accumulations. In: P.A. Allison & D.E.G. Briggs (eds.) *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*, Plenum Press, p. 291-335.
- Beiswenger, R.E. 1988. Integrating anuran amphibian species into environment assessment programs. In: R.C. Szaro; K.E. Severson & D.R. (eds.) *Management of Amphibians, Reptiles, and Small Mammals in North America*, Fort Collins, p. 159-165.
- Bergqvist, L.P. & Almeida, E.B. 2004. Biodiversidade de mamíferos fósseis brasileiros. *Geociências*, **9**:54-68.
- Bergqvist, L.P.; Almeida, E.B. & Araújo-Júnior, H.I. 2011. Tafonomia da assembléia fossilífera de mamíferos da "Fenda 1968", Bacia de São José de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **14**:75-86. doi:10.4072/rbp.2011.1.08
- Bergqvist, L.P.; Gomide, M.; Cartelle, C. & Capilla, R. 1997. Faunas locais de mamíferos pleistocênicos de Itapipoca/Ceará, Taperoá/Paraíba e Campina Grande/Paraíba: estudo comparativo, bioestratigráfico e paleoambiental. *Geociências*, **2**:23-32.
- Bever, G.S. 2005. Variation in the ilium of North American *Bufo* (Lissamphibia; Anura) and its implications for species-level identification of fragmentary anuran fossils. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **25**:548-560. doi:10.1671/0272-4634(2005)025[0548:vition]2.0.co;2
- Blain, H.A.; Bailon, S. & Agustí, J. 2008. Amphibians and squamate reptiles from the latest early Pleistocene of Cueva Victoria (Murcia, southeastern Spain, SW Mediterranean): paleobiogeographic and paleoclimatic implications. *Geologica Acta*, **6**:345-361. doi:10.1344/105.000000262
- Blaustein, A.R. & Wake, D.B. 1995. Declive de las poblaciones de anfíbios. *Investigacion y Ciencia*, **1995**:8-13.
- Caramaschi, U. 1981. *Variação estacional, distribuição espacial e alimentação de populações de hylídeos na represa do Rio Pardo (Botucatu-SP) (Amphibia, Anura, Hylidae)*. Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Estadual de Campinas, Dissertação de Mestrado, 139 p.
- Carvalho, A.B. 2006. *Descrição morfológica e posição filogenética de um anuro novo (Lissamphibia, Tetrapoda) do Cretáceo Superior continental do Brasil (Formação Adamantina, Bacia Bauru) do município de Marília (SP)*. Programa de Pós-graduação em Zoologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 116 p.
- Carvalho, A.B.; Zaher, H. & Nava, W.R. 2003. A new anuran (Lissamphibia, Tetrapoda) from the continental Late Cretaceous Bauru Basin, State of São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18, 2003. *Boletim de Resumos*, Brasília, UnB, p. 188.
- Cei, J.M. 1968. Remarks on the geographical distribution and phyletic trends of South American toads. *Texas Memoir Museum*, **13**:1-21.
- Chahud, A. 2005. Paleomastozoologia do Abismo Ponta de Flecha, Iporanga, SP. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 2, 2005. *Boletim de Resumos*, Rio de Janeiro, Museu Nacional/UFRJ, p. 76-78.
- Dantas, M.A.T.; Porpino, K.O.; Bauermann, S.G.; Prata, A.P.N.; Cozzuol, M. A.; Kinoshita, A.; Barbosa, J.H.O. & Baffa, O. 2011. Megafauna do Pleistoceno Superior de Sergipe, Brasil: registros taxonômicos e cronológicos. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **14**:311-320. doi:10.4072/rbp.2011.3.10
- Dantas, M.A.T. & Tasso, M.A.L. 2007. Megafauna do Pleistoceno final de Vitória da Conquista, Bahia: taxonomia e aspectos tafonômicos. *Scientia Plena*, **3**:30-36.
- Dantas, M.A.T.; Zucon, M.H. & Ribeiro, A.M. 2005. Megafauna pleistocênica da Fazenda Elefante, Gararu, Sergipe, Brasil. *Geociências*, **24**:277-287.
- Dias, E.V. 2010. Anfíbios. In: I.S. Carvalho (ed.) *Paleontologia: Paleovertebrados e Paleobotânica*, Interciência, p. 83-101.
- Duellman, W.E. & Trueb, L. 1994. *Biology of Amphibians*. Baltimore, The John Hopkins University Press, 670 p.
- Estes, R. 1970. Origin of the Recent North American lower vertebrate fauna: an inquiry into the fossil record. *Forma et Functio*, **3**:139-163.
- Estes, R. 1975. Fossil *Xenopus* from the Paleocene of South America and the zoogeography of pipid frogs. *Herpetologica*, **31**:263-278.
- Frost, D.R. 2013. *Amphibian species of the world: an online reference, version 5.6*. Disponível em: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. Acessado em 06/03/2014.
- Frost, D.R. et al. 2006. The Amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **297**:1-370.
- Garcia, P.C.A.; Lavilla, E.; Langone, J. & Segalla, M.V. 2007. Anfíbios da região subtropical da América do Sul – padrões de distribuição. *Ciência & Ambiente*, **35**:65-100.
- Gardner, J.D.; Roček, Z.; Prikryl, T.; Eaton, J.G.; Blob, R.W. & Sankey, J.T. 2010. Comparative morphology of the ilium of anurans and urodeles (Lissamphibia) and a re-assessment of the anuran affinities of *Nezpercius dodsoni* Blob et al., 2001. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **30**:1684-1696. doi:10.1080/02724634.2010.521605
- Gomide, M. 1989. *Mamíferos pleistocênicos de Itapipoca, Ceará, Brasil, depositados no Museu Nacional, Rio de Janeiro*. Programa de Pós-graduação em Zoologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 173 p.
- Günther, A. 1859. On sexual differences found in bones of some recent and fossil species of frogs and fishes. *Annals and Magazine of Natural History*, **3**:377-386.
- Haddad, C.F.B. & Prado, C.P.A. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic forest of Brazil. *BioScience*, **55**:207-217. doi:10.1641/0006-3568(2005)055[0207:RMIFAT]2.0.CO;2
- Holz, M. & Simões, M.G. 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 231 p.
- Kinoshita, A.; Barreto, A.M.F.; Almeida, J.A.C.; Figueiredo, A.M.; Nicolucci, P.; Graeff, C.F.O. & Baffa, O. 2005. ESR dating at K and X band of northeastern Brazilian Megafauna. *Applied Radiation and Isotopes*, **62**:225-229.
- Kinoshita, A.; Barreto, A.M.F.; Alves, R.S.; Figueiredo, A.M.; Sarkis, J.E.S.; Dias, M.L. & Baffa, O. 2008. ESR dating of teeth from northeastern Brazilian Megafauna. *Radiation Measurements*, **43**:809-812. doi:10.1016/j.radmeas.2007.11.075

- Leal, M.E.C. & Brito, P.M. 2006. Anura do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: V. Gallo; P.M. Brito; H.M.A. Silva & F.J. Figueiredo (eds.) *Paleontologia de Vertebrados: Grandes Temas e Contribuições Científicas*, Interciência, p. 145-152.
- Lyman, R.L. 1994. *Vertebrate Taphonomy*. 1st ed., Cambridge, Cambridge University Press, 524 p.
- Maciel, N.M.; Collevatti, R.G.; Colli, G.R. & Schwartz, E.F. 2010. Late Miocene diversification and phylogenetic relationships of the huge toads in the *Rhinella marina* (Linnaeus, 1758) species group (Anura: Bufonidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **57**:787-797. doi:10.1016/j.ympev.2010.08.025
- Maisey, J. 1991. *Santana fossils: an illustrated atlas*. New Jersey, T.F.H. Publications, 459 p.
- Martin, R.F. 1972. Osteology and evolution in Neotropical *Bufo*. *American Midland Naturalist*, **88**:301-317.
- Metello, T.M. & Araújo-Júnior, H.I. 2012. Um gavião fóssil no Pleistoceno do Ceará. In: *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, SBP, p. 69-70 (Paleontologia em Destaque 66).
- Meylan, P.A. 1995. Pleistocene amphibians and reptiles from the Leisey Shell Pit, Hillsborough County, Florida. *Bulletin of Florida Museum of Natural History*, **37**:273-291.
- Montalvo, C.I.; Tomassini, R.L.; Visconti, G & Tiranti, S.I. 2012. Análisis tafonômico de micromamíferos del Pleistoceno Superior del Quequén Salado, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **15**:345-358. doi:104072/rbp.2012.3.10
- Moreira, L.E.; Baiocchi, M.N.; Costa, M.A. & Barbosa, A.S. 1971. O jazimento fossilífero de Pau Ferrado. *Universidade Católica de Goiás – Museu de História Natural*, **1**:1-15.
- Moura, G.J.B. & Báez, A.M. 2006. Anurans from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil: a preliminary report. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **26**:30.
- Moura, G.J.B. & Barreto, A.M.F. 2006. Aspectos tafonômicos da anurofauna da Formação Crato, Eocretáceo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, **16**:3-15.
- Moura, G.J.B.; Santos, E.M.; Andrade, E.V.E. & Freire, E.M.X. 2011. Distribuição Geográfica e Caracterização Ecológica dos Anfíbios do Estado de Pernambuco. In: J.B.M. Moura; E.M. Santos; M.A.B. Oliveira & M.C.C. Cabral (orgs.) *Herpetologia do Estado de Pernambuco*, MMA/Brasil, p. 51-84.
- Norman, D.R. 1994. *Anfibios y Reptiles del Chaco Paraguayo, Tomo I*. San José, Private Printing, 281 p.
- Oliveira, E.V.; Barreto, A.M.F. & Alves, R.S. 2009. Aspectos sistemáticos, paleobiogeográficos e paleoclimáticos dos mamíferos quaternários de Fazenda Nova, PE, Nordeste do Brasil. *Gaea – Journal of Geoscience*, **5**:75-85. doi:10.4013/gaea.2009.52.004
- Paula-Couto, C. 1962. Explorações paleontológicas no Pleistoceno do Nordeste. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **34**:19.
- Paula-Couto, C. 1980. Fossil Pleistocene to sub-recent mammals from northeastern Brazil. I-Edentata Megalonychidae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **52**:143-151.
- Pauly, G.B.; Hillis, D.M. & Cannatella, D.C. 2004. The history of a Neartic colonization: molecular phylogenetics and biogeography of Neartic toads (*Bufo*). *Evolution*, **58**:2517-2535. doi: 10.1554/04-208
- Perônico, C. & Araújo, A.C.S. 2000. Diversidade faunística baseada em análise tafonômica de material sub-recente preservado em caverna da região cárstica de Lagoa Santa – Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 2, 2000. *Boletim de Resumos*, Rio de Janeiro, Museu Nacional/UFRJ, p. 47.
- Pough, F.H.; Andrus, R.M.; Cadle, J.E.; Crumps, M.L.; Savitzky, A.H. & Wells, K.D. 2004. *Herpetology*. New Jersey, Upper Saddle River, 612 p.
- Pinto-Llona, A.C. & Andrews, P. 1999. Amphibian taphonomy and its application to the fossil record of Dolina (middle Pleistocene, Atapuerca, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **149**:411-429. doi:10.1016/S0031-0182(98)00215-6
- Pramuk, J.B. 2006. Phylogeny of South American *Bufo* (Anura: Bufonidae) inferred from combined evidence. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **146**:407-452. doi:10.1111/j.1096-3642.2006.00212.x
- Pramuk, J.B.; Hass, R.A. & Hedges, S.B. 2001. Molecular phylogeny and biogeography of West Indian toads (Anura: Bufonidae). *Molecular Phylogeny and Evolution*, **20**:294-301. doi:10.1006/mpev.2001.0985
- Ribeiro, R.C.; Kinoshita, A.; Figueiredo, A.M.G.; Carvalho, I.S. & Baffa, O. 2013. Electron Spin Resonance dating of the Late Quaternary megafauna fossils from Baixa Grande, Bahia, Brazil. *Quaternary International*, **305**:91-96. doi:10.1016/j.quaint.2012.07.017
- Riff, D. & Bergqvist, L.P. 1999. Primeira ocorrência de Anura na Bacia de Taubaté, SP (Oligoceno superior). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 16, 1999. *Boletim de Resumos*, Crato, URCA, p. 90-91.
- Rogers, R.R.; Eberth, D.A. & Fiorillo, A.R. 2007. *Bonebeds: Genesis, Analysis and Paleobiological Significance*. Chicago, University of Chicago Press, 499 p.
- Rolim, J.L. 1974. *Paleontologia e Estratigrafia do Pleistoceno continental do Nordeste brasileiro “Formação Cacimbas”*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 117 p.
- Sanchiz, B. 1998. *Encyclopedia of Paleoherpetology, Part 4 – Salientia*. München, Verlag, 275 p.
- Sanchiz, B. & Roček, Z. 1996. An overview of the anuran fossil record. In: R.C. Tinsley & H.R. Kobel (eds.) *The Biology of Xenopus*, Clarendon Press, p. 317-328.
- Sanchiz, B. & Szyndlar, Z. 1984. Pleistocene amphibian fauna from Kozi Grzbiet in the Holy Cross Mts. *Acta Geologica Polonica*, **34**:51-62.
- Scherer, C.S.; Gomes, A.C.F. & Oliveira, T.V. 2012. A fauna de vertebrados de pequeno porte do Pleistoceno/Holoceno da Toca dos Ossos, Bahia, Brasil: dados preliminares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 8, 2012. *Boletim de Resumos*, Recife, UFPE, p. 62.
- Segalla, M.V.; Caramaschi, U.; Cruz, C.A.G.; Garcia, P.C.A.; Grant, T.; Haddad, C.F.B & Langone, J. 2012. *Brazilian amphibians – List of species*. Disponível em: <http://www.sberpetologia.org.br>. Acessado em 05/05/2013.
- Shipman, P. 1981. *Life History of a Fossil: an Introduction to Taphonomy and Paleocology*. Cambridge, Harvard University Press, 222 p.
- Shipman, P.; Bosler, W. & Davis, K.L. 1981. Butchering of giant geladas at an Ancheulian site. *Current Anthropology*, **46**:77-86.
- Silva, J.L.L. 2008. *Reconstrução paleoambiental baseada no estudo de mamíferos pleistocênicos de Maravilha e Poço das Trincheiras, Alagoas, Nordeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado, 244 p.

- Simões, M.G.; Rodrigues, S.C. & Bertoni-Machado, C. 2010. Procedimentos metodológicos em Tafonomia. In: I.S. Carvalho (ed.) *Paleontologia: Conceitos e Métodos*, Interciência, p. 413-430.
- Souto, A.A.; Araújo-Júnior, H.I. & Carvalho, L.B. 2010. O significado tafonômico e paleoambiental de anuros fósseis em concentrações fossilíferas de tanques naturais. In: *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, SBP, p. 88-89 (Paleontologia em Destaque 64).
- Souto, A.A. & Carvalho, L.B. 2010. Primeiro registro de fósseis de Anura (Amphibia) para a localidade de João Cativo (Itapipoca, CE), Pleistoceno ao sub-recente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 7, 2010. *Boletim de Resumos*, Rio de Janeiro, p. 116.
- Sousa, V.M.; Souza, M.B. & Morato, E.F. 2008. Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia sulocidental. *Revista Brasileira de Zoologia*, **25**:49-57. doi:10.1590/s0101-81752008000100008
- Souza-Cunha, F.L. 1966. Explorações paleontológicas no Pleistoceno do Rio de Grande do Norte. *Arquivos do Instituto de Antropologia*, **2**:75-116.
- Stevaux, M.N. 2002. A new species of *Bufo* Laurenti (Anura, Bufonidae) from northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **19**:235-242. doi:10.1590/S0101-81752002000500018
- Stoetzel, E.; Marion, L.; Nespoulet, R.; El Hajraoui, M.A. & Denis, C. 2011. Taphonomy and palaeoecology of the late Pleistocene to middle Holocene small mammal succession of El Harhoura 2 cave (Rabat-Témara, Morocco). *Journal of Human Evolution*, **60**:1-33. doi:10.1016/j.jhevol. 2010.07.016
- Tihen, J.A. 1962a. A review of New World fossil bufonids. *American Midland Naturalist*, **68**:1-50.
- Tihen, J.A. 1962b. Osteological observations on New World *Bufo*. *American Midland Naturalist*, **67**:157-183.
- Toft, C.A. 1980. Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. *Oecologia*, **45**:131-141.
- Toft, C.A. 1981. Feeding ecology of Panamanian litter anurans: patterns in diet and foraging mode. *Journal of Herpetology*, **15**:139-144.
- Ubilla, M. 2004. Mammalian biostratigraphy of Pleistocene fluvial deposits in northern Uruguay, South America. *Proceedings of the Geologists' Association*, **115**:347-357. doi:10.1016/S0016-7878(04)80014-2
- Vidal, N. 1946. Contribuição ao conhecimento da Paleontologia do Nordeste brasileiro: notícias sobre a descoberta de vertebrados pleistocênicos no município de Pesqueira-PE. *Boletim do Museu Nacional (Geologia)*, **6**:1-15.
- Ximenes, C.L. 2003. *Proposta metodológica para um programa de micro-reservatórios alternativos de água nos sertões semiáridos brasileiros, associado ao resgate de fósseis*. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Dissertação de Mestrado, 146 p.
- Zug, G.R. & Zug, P.B. 1979. The marine toad, *Bufo marinus*: a natural history resumé of native populations. *Smithsonian Contributions to Zoology*, **284**:1-58.

Received in May, 2013; accepted in October, 2014.