

Ecologia térmica de anuros da Caatinga, Nordeste do Brasil

Larissa Carvalho Ferreira^{1,2,3}, Geane Limeira da Silva², Leonardo Barros Ribeiro^{1,2}

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Rodovia BR-407, KM 12 Lote 543 S/n Projeto de Irrigação Nilo Coelho, Petrolina, 56300-000, Brasil.

² Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga – CEMAFUNA CAATINGA. Rodovia BR-407, KM 12 Lote 543 S/n Projeto de Irrigação Nilo Coelho, Petrolina, 56300-000, Brasil.

Recibido: 28 Septiembre 2022

Revisado: 15 Diciembre 2022

Aceptado: 01 Septiembre 2023

Editor Asociado: T. Guedes

doi: 10.31017/CdH.2023(2022-025)

ABSTRACT

Thermal ecology of anurans in the Caatinga, Northeastern Brazil. Anurans regulate their body temperature through external heat sources. In this sense, the microhabitat used can influence this physiological process. Thus, the objective of this study was to verify the body temperature of anuran species in the Caatinga domain and to correlate the possible variations to the different microhabitats used. For this, active searches were carried out during the day and night shifts, between August 2019 and May 2021. The frogs were captured manually to measure the cloacal temperature and then released. Substrate and air temperatures were also checked for associations with body temperature. In total, 420 frogs were captured, and the body temperature was obtained from 147 individuals of five species in the rainy season (*Leptodactylus macrosternum*, *Scinax x-signatus*, *Rhinella granulosa*, *Rhinella diptycha* and *Pithecopus gonzagai*), and from 273 individuals of four species in the dry season (*L. macrosternum*, *S. x-signatus*, *R. granulosa* and *R. diptycha*). In general, the highest body temperature averages (28.4–29.3°C) were observed in the rainy season for *L. macrosternum*, *R. granulosa* and *R. diptycha*. The most preferred microhabitats of anurans were soil and water. Finally, even though an association between body temperature and air temperature was found, substrate temperature proved to be the most important source of thermal regulation for most anuran species investigated.

Key words: Bufonidae; Hylidae; Leptodactylidae; Semiarid region; Body temperature.

RESUMO

Os anuros regulam sua temperatura corpórea por meio de fontes externas de calor. Nesse sentido, o micro-habitat utilizado pode influenciar nesse processo fisiológico. Desta forma, o objetivo deste estudo foi verificar a temperatura corpórea de espécies de anuros no domínio Caatinga e correlacionar as possíveis variações aos diferentes micro-habitats utilizados. Para isso foram realizadas buscas ativas nos turnos diurno e noturno, entre agosto de 2019 e maio de 2021. Os anuros foram capturados manualmente para aferição da temperatura cloacal e soltos em seguida. As temperaturas do substrato e do ar também foram verificadas para associações com a temperatura corpórea. No total, 420 anuros foram capturados, sendo obtida a temperatura corpórea de 147 indivíduos de cinco espécies no período chuvoso (*Leptodactylus macrosternum*, *Scinax x-signatus*, *Rhinella granulosa*, *Rhinella diptycha* e *Pithecopus gonzagai*), e de 273 indivíduos de quatro espécies no período seco (*L. macrosternum*, *S. x-signatus*, *R. granulosa* e *R. diptycha*). De um modo geral, as maiores médias de temperatura corpórea (28,4–29,3°C) foram observadas no período chuvoso para *L. macrosternum*, *R. granulosa* e *R. diptycha*. Os micro-habitats de maior preferência dos anuros foram o solo e a água. Finalmente, ainda que tenha sido encontrada associação da temperatura corpórea com a temperatura do ar, a temperatura do substrato demonstrou ser a fonte mais importante na regulação térmica para a maioria das espécies de anuros investigadas.

Palavras-chaves: Bufonidae; Hylidae; Leptodactylidae; Região semiárida; Temperatura corpórea.

Introdução

Os anuros são animais ectotérmicos, por serem incapazes de regular de forma endógena a temperatura corpórea, dependendo assim de fontes externas para ajustá-la (Duellman e Trueb, 1986). Ou seja, esses

animais controlam a temperatura corpórea por meio de ajustes comportamentais (permanência em abrigos, exposição ao sol e seleção de temperaturas), fisiológicos (aclimação e resfriamento por

evaporação) e da relação térmica com o ambiente (Brattstrom, 1963). Esse último caso, particularmente, envolve perda e ganho de calor por convecção e condução, radiação térmica do ambiente e perda de calor por evaporação que auxiliam na termorregulação (Brattstrom, 1963; Bovo, 2015).

A termorregulação em anfíbios é um processo complexo, visto a necessidade de manutenção da umidade na pele para garantir as trocas gasosas, podendo ser comprometida pela economia de água (Brattstrom, 1979). Mesmo considerando a possibilidade de termorregulação comportamental, ao buscar diferentes ambientes térmicos, os anfíbios são muito específicos nas exigências de seu habitat, principalmente devido ao controle do balanço hídrico, que pode se sobrepôr aos esforços para encontrar uma temperatura ótima (Oromí *et al.*, 2010). Nesse sentido, a maioria dos anfíbios apresenta tendência termoconformista, ou seja, a temperatura corpórea está intimamente relacionada às temperaturas do ar e do substrato (Lambrinos e Kleier, 2003). Apesar desses conhecimentos, informações que visam compreender as relações térmicas que se estabelecem na termorregulação de anuros são escassas, sobretudo em regiões de clima semiárido (Sanabria *et al.*, 2003; Navas *et al.*, 2008; Sanabria e Quiroga, 2019).

A Caatinga ocupa uma área de cerca de 912.529 Km², o equivalente a 11% do território nacional (Silva *et al.*, 2017). A região apresenta clima semiárido, com altas temperaturas, baixa umidade relativa, evapotranspiração elevada e índices pluviométricos irregulares concentrados em um período curto do ano (Ab'saber, 1974). Embora este domínio morfoclimático seja caracterizado por condições inóspitas e por um ciclo anual de chuva bastante imprevisível (Souzares, 1976), abriga alta riqueza de espécies de anfíbios anuros, sendo atualmente representada por 98 espécies (Garda *et al.*, 2017).

Para as áreas de Caatinga *stricto sensu*, caracterizadas pela vegetação típica do semiárido brasileiro, adaptadas à forte sazonalidade das chuvas e às altas temperatura (Souzares, 1976; Ab'saber, 2003), os estudos da herpetofauna receberam mais atenção dos pesquisadores na última década (Garda *et al.*, 2013; Cavalcanti *et al.*, 2014; Pedrosa *et al.*, 2014; Magalhães *et al.*, 2015; MUNIZ *et al.*, 2016; Garda *et al.*, 2017). Contudo, essas localidades ainda estão entre as regiões mais pobremente estudadas no Brasil, principalmente em relação a anurofauna (Garda *et al.*, 2017). Por essa razão, existem várias lacunas sobre ecologia e biologia desse grupo, principal-

mente com relação a adaptação desses animais sob condições de temperatura elevada e baixa umidade relativa (Silva *et al.*, 2017).

Nesta perspectiva, o presente estudo amplia o entendimento da biologia e do comportamento termorregulatório em espécies habitantes do semiárido brasileiro. Objetivou-se assim, identificar a temperatura corpórea média de atividade em espécies de anuros da Caatinga. Além disso, verificou-se a relação da temperatura corpórea dos anuros com as temperaturas do substrato e do ar em diferentes intervalos do período de atividade.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em 10 áreas que estão sob influência do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF), todas localizadas no estado de Pernambuco (Fig. 1). A coleta de dados ocorreu entre agosto de 2019 e maio de 2021, compreendendo os períodos sazonais seco (entre junho e dezembro) e chuvoso (entre janeiro e maio). No período seco, as amostragens foram realizadas em duas áreas de monitoramento no Eixo Leste (PML; 217 km de extensão) e duas no Eixo Norte (PMN; 260 km de extensão) do PISF denominadas: PML02 (Floresta), PML08 (Custódia), PMN03 (Cabrobó) e PMN06 (Salgueiro). No período chuvoso os dados foram coletados em seis áreas, quais sejam: PML08 (Custódia), PML09 (Custódia), PML10 (Floresta), PMN06 (Salgueiro), PMN08 (Salgueiro) e PMR02 (Monitoramento Ramal do Agreste: Sertânia). As áreas do PISF abrangem as Depressões Sertanejas Meridional e Setentrional. Estas apresentam paisagem típica da Caatinga: com planície baixa, relevo predominante suave-ondulado, com elevações residuais, clima semiárido, e vegetação que varia de arbustiva a arbórea (Velloso *et al.*, 2002). Além das áreas do PISF, nós também coletamos dados térmicos dos anuros no *campus* de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) no município de Petrolina (Fig. 1). O *campus* encontra-se geologicamente no Submédio São Francisco, na ecorregião da Depressão Sertaneja Meridional. Apresenta clima semiárido e vegetação do tipo Caatinga hiperxerófila, caracterizada pela abundância de cactáceas, árvores de pequeno porte, arbustos que perdem as folhas no período seco, e o solo é predominantemente arenoso

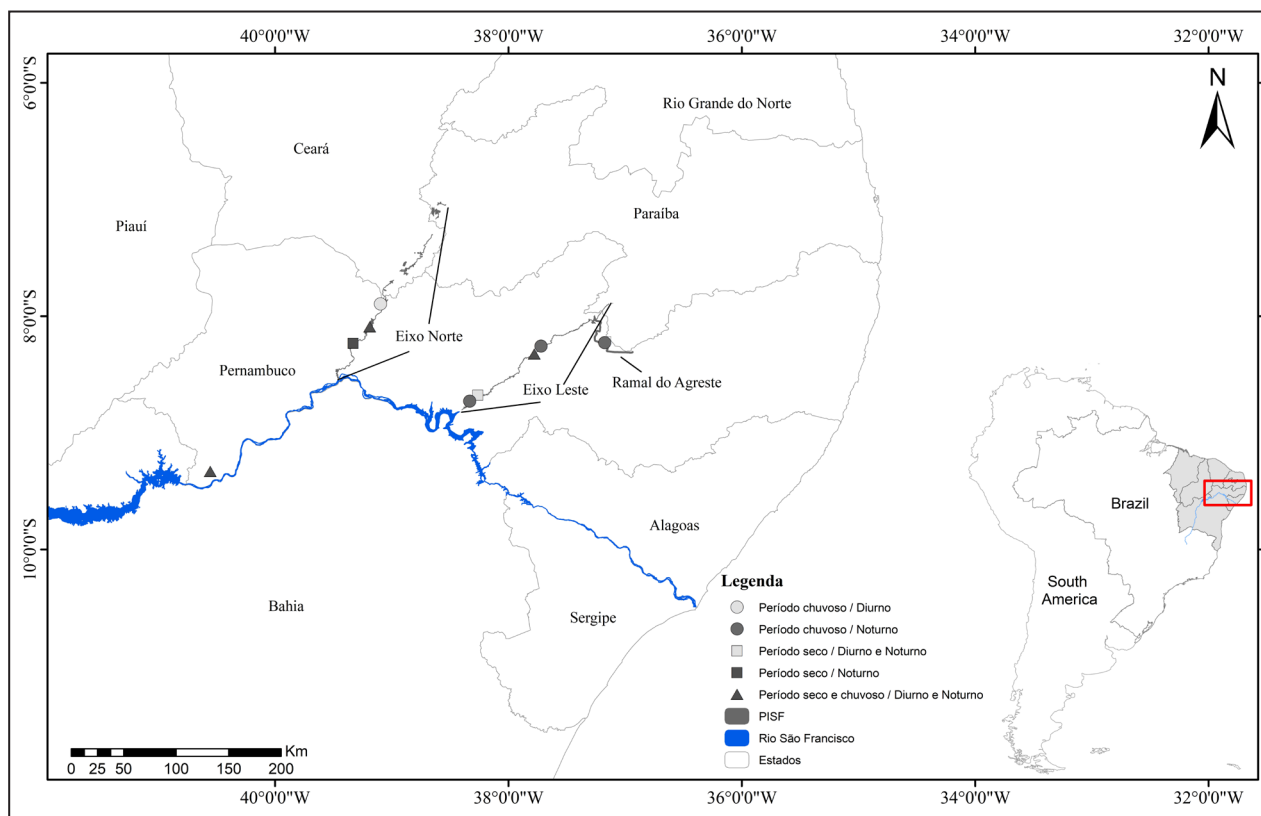


Figura 1. Mapa do Brasil, representando o estado de Pernambuco e a localização das áreas de estudo. Fonte: Leandro Oliveira, 2023.

(Oliveira *et al.*, 2009).

A busca ativa por anuros foi realizada em transectos durante três dias consecutivos em cada área de amostragem, nos períodos diurno (08:00 às 12:00 horas) e noturno (18:00 às 22:00 horas). As capturas manuais foram realizadas nos corpos d'água (reservatórios, riachos e poças temporárias) utilizados pelos anuros. Assim, foram coletados dados térmicos de cinco espécies de anuros que habitam a Caatinga: *Rhinella diptycha*, *R. granulosa*, *Leptodactylus macrosternum*, *Scinax x-signatus* e *Pithecopus gonzagai*. Essas espécies foram escolhidas por serem abundantes e facilmente encontradas na área de estudo (Rodrigues, 2003; Garda *et al.*, 2013), possibilitando a coleta de um grande volume de dados.

Para obtenção dos dados, a temperatura corpórea (cloacal) dos anuros foi aferida com o auxílio de um sensor de temperatura (Instrutherm® modelo S-02K) acoplado a um termo-higrômetro digital portátil (precisão de 0,1°C; Instrutherm® modelo HT-300). Somente foram consideradas as temperaturas cloacais obtidas em até 30 segundos de investida no procedimento de captura do anuro. Feita a captura, imediatamente foram aferidas as temperaturas cloacal, do substrato e do ar. Para a temperatura do ar

foi considerada uma distância de 3 cm do substrato (Sanabria *et al.*, 2003). Nesse momento também foi registrada a presença do anuro nos turnos diurno ou noturno e o micro-habitat utilizado. Após os procedimentos os animais foram soltos nos mesmos locais de encontro. Ressalta-se que cada local foi visitado apenas uma vez para evitar pseudorréplicas dos dados obtidos para cada espécie.

A temperatura corpórea de cada espécie foi determinada pela média das temperaturas corpóreas registradas para todos os indivíduos capturados. O efeito das temperaturas do substrato e do ar sobre as temperaturas corpóreas foi analisado por meio de uma regressão múltipla no programa PAST versão 2.17 (Hammer *et al.*, 2001).

Para verificar se houve diferença nas médias de temperatura corpórea dos anuros entre os períodos seco e chuvoso, assim como entre os turnos noturno e diurno foi utilizado o teste t de Student. Para testar a diferença no uso de micro-habitats entre os períodos chuvoso e seco foi utilizado o teste do Qui-quadrado (χ^2). Nas análises estatísticas, o nível de significância adotado foi de 5% e os valores estatísticos foram expressos como média e desvio padrão. A normalidade dos dados foi verificada com

o teste de Shapiro-Wilk.

Aspectos éticos e legais

O presente estudo foi desenvolvido sob autorizações do IBAMA (nº 94/2014 e 95/2014, com renovações) e aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF (nº 0006/270619).

Resultados

De um total de 420 anuros foi aferida a temperatura de 147 indivíduos no período chuvoso e 273 no período seco. *Leptodactylus macrosternum* foi a espécie com maior número de indivíduos (n = 197), seguido de *S. x-signatus* (n = 68), *R. granulosa* (n = 71), *R. diptycha* (n = 65) e *Pithecopus gonzagai* (n = 15).

Para todas as espécies de anuros, a temperatura corpórea média geral (24,2–29,3°C), assim como as temperaturas médias nos períodos seco (24,2–25,8°C) e chuvoso (25,6–29,3°C), e nos turnos diurno (23,3–34,2°C) e noturno (24,0–29,5°C) encontram-se descritas na Tabela 1.

As temperaturas corpóreas, no geral, apresentaram diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso para as espécies *L. macrosternum* (t = 1,6; p < 0,05; n = 197), *R. diptycha* (t = 1,6; p < 0,05; n = 65) e *R. granulosa* (t = 1,6; p < 0,05; n = 75), sendo mais altas no período chuvoso. Por outro lado, a temperatura de *S. x-signatus* não apresentou diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso (t = 1,6; p = 0,42; n = 68).

Durante o estudo apenas *R. granulosa*, *R.*

diptycha e *L. macrosternum* foram registrados no período diurno. Esses anuros foram encontrados, em sua maioria, em fendas no solo do leito seco de poças temporárias. Independente da consideração de períodos seco e chuvoso, *Rhinella granulosa* (t = 1,6; p = 0,01; n = 75) e *L. macrosternum* (t = 1,7; p = 0,01; n = 197) apresentaram diferença significativa nas temperaturas corpóreas entre os turnos diurno e noturno, sendo as maiores temperaturas verificadas no período diurno. Enquanto *R. diptycha* não apresentou diferença significativa (t = 2,3, p = 0,49, n = 65).

Com relação à temperatura dos micro-habitats, no período seco as médias variaram de 24,3°C a 26,5°C para o substrato e de 23,7° a 26,2°C para o ar (Fig. 2). No período chuvoso, as médias de temperatura do substrato oscilaram entre 25,4°C e 28,4°C e as do ar de 25,4°C a 28,3°C (Fig. 3). Os valores de temperatura não diferiram entre os componentes substrato e ar para as espécies *R. granulosa*, *R. diptycha*, *P. gonzagai* e *S. x-signatus*.

Tanto no período seco quanto no chuvoso, as temperaturas corpóreas dos anuros (exceto *R. granulosa*) foram mais associadas às temperaturas do substrato (maior coeficiente r²) (Tabela 2). Nos dois casos em que as temperaturas corpóreas dos anuros também foram associadas às temperaturas do ar (*R. diptycha* no período seco e *S. x-signatus* no período chuvoso) as temperaturas do substrato ainda tenderam a exercer maior efeito sob as temperaturas corpóreas dos anuros (Tabela 2). *Pithecopus gonzagai*, com coleta de dados térmicos exclusivamente no período chuvoso, não apresentou associações

Tabela 1. Temperatura corpórea (Tc) geral e nos turnos diurno e noturno para os anuros capturados em áreas da Caatinga, nos períodos seco (s) e chuvoso (c), entre agosto de 2019 e maio de 2021. Os dados são apresentados na forma média ± desvio padrão. O traço (—) representa ausência de registro de temperatura. Letras minúsculas e maiúsculas na Tc geral indicam diferença estatística significativa entre períodos seco e chuvoso em cada espécie. Não houve análise comparativa entre Tc diurno e Tc noturno, separadamente nos períodos seco e chuvoso, devido ao baixo tamanho amostral do turno diurno.

Espécie	Período	Tc geral (°C)	Tc diurno (°C)	Tc noturno (°C)
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	s	24,2 ± 2,2 (n=153) a	27,0 ± 2,6 (n=11)	24,0 ± 2,0 (n=142)
	c	29,3 ± 1,7 (n=44) A	34,2 (n=1)	29,2 ± 1,5 (n=43)
<i>Rhinella granulosa</i>	s	25,7 ± 2,3 (n=47) a	27,3 ± 0,7 (n=10)	25,3 ± 2,4 (n=37)
	c	28,4 ± 1,7 (n=28) A	27,5 ± 1,3 (n=15)	29,5 ± 1,7 (n=13)
<i>Rhinella diptycha</i>	s	25,0 ± 1,8 (n=30) a	23,3 (n=1)	25,1 ± 1,9 (n=29)
	c	28,4 ± 2,4 (n=35) A	28,0 ± 4,1 (n=3)	28,5 ± 2,3 (n=32)
<i>Scinax x-signatus</i>	s	25,8 ± 2,6 (n=43) a	—	25,8 ± 2,6 (n=43)*
	c	25,6 ± 2,3 (n=25) a	—	25,6 ± 2,3 (n=25)*
<i>Pithecopus gonzagai</i>	s	—	—	—
	c	28,2 ± 2,6 (n=15)	—	28,2 ± 2,6 (n=15)*

significativas das temperaturas corpóreas com as temperaturas ambientais.

Ainda com relação ao substrato utilizado pelos anuros, durante o período seco as espécies *L. macrosternum*, *R. granulosa* e *S. x-signatus* foram mais frequentemente encontrados no solo (Figs. 4A, 4C e 4D). Já *R. diptycha* foi capturado com maior frequência dentro d'água (Fig. 4B). Enquanto no período chuvoso *L. macrosternum* continuou com maior frequência no solo (Fig. 4A), assim como *R. diptycha* (Fig. 4B). Diferente do observado no pe-

ríodo seco, *R. granulosa* teve preferência por estar dentro d'água (Fig. 4C), *S. x-signatus* por superfícies rochosas (Fig. 4D) e *P. gonzagai* por estratos arbustivos (Fig. 4E).

Apenas *L. macrosternum* não apresentou diferença no uso de micro-habitats entre os períodos seco e chuvoso ($\chi^2 = 4,14$; $p = 0,52$). Já *R. diptycha* ($\chi^2 = 12,38$; $p = 0,01$), *R. granulosa* ($\chi^2 = 23,92$; $p < 0,05$) e *S. x-signatus* ($\chi^2 = 22,79$; $p = 0,001$) apresentaram diferença no uso dos micro-habitats entre os períodos sazonais seco e chuvoso.

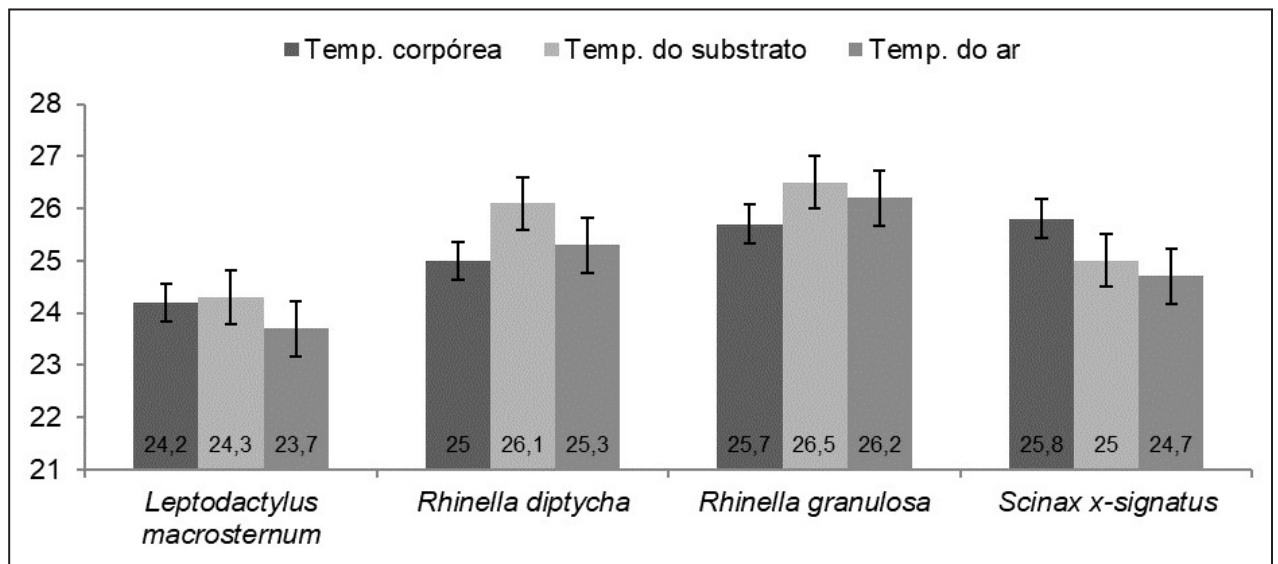


Figura 2. Temperatura média (°C) do corpo, do substrato e do ar nos micro-habitats utilizados pelos anuros no período seco.

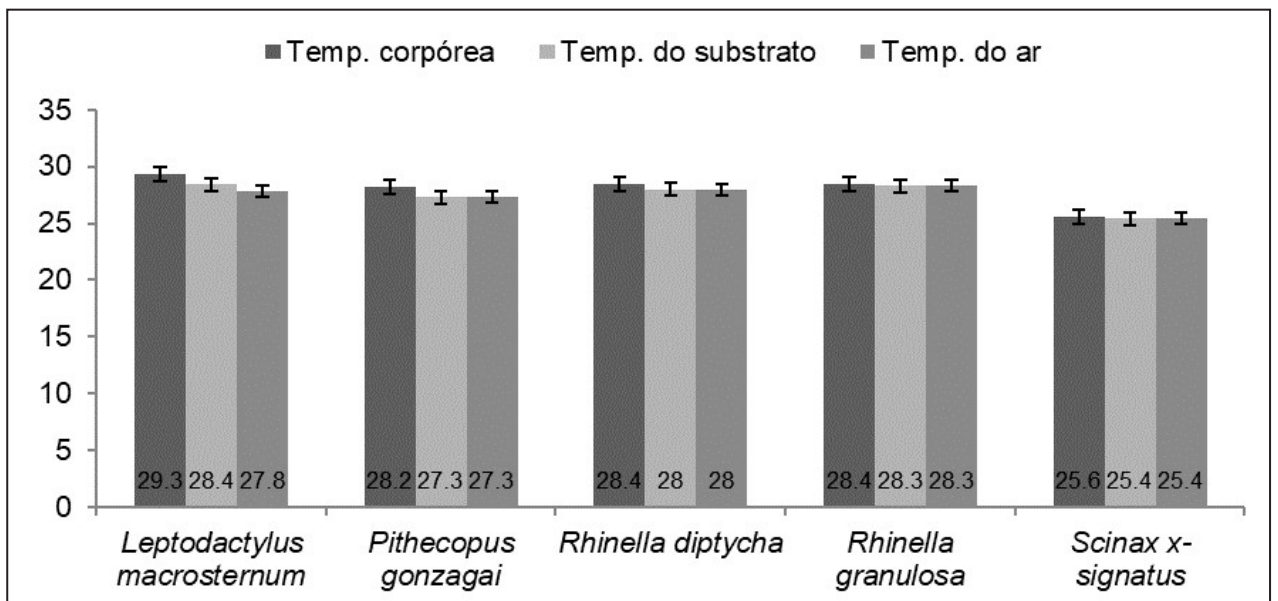


Figura 3. Temperatura média (°C) do corpo, do substrato e do ar nos micro-habitats utilizados pelos anuros no período chuvoso.

Tabela 2. Associação das temperaturas corpóreas dos anuros com a temperaturas do substrato (Ts) e do ar (Ta), nos períodos seco (s) e chuvoso (c) em áreas da Caatinga, entre agosto de 2019 e maio de 2021. Asterisco (*) representa associação significativa entre a temperatura corpórea dos anuros e as temperaturas ambientais (substrato e ar).

Espécie	Período	Associação com Ts	Associação com Ta
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	S	($r^2 = 0,64$, $p = 0,0001$, $n = 153$)*	($r^2 = 0,48$, $p = 0,07$, $n = 153$)
	C	($r^2 = 0,46$, $p = 0,01$, $n = 44$)*	($r^2 = 0,39$, $p = 0,42$, $n = 44$)
<i>Rhinella diptycha</i>	S	($r^2 = 0,18$, $p = 0,0009$, $n = 30$)*	($r^2 = 0,05$, $p = 0,008$, $n = 30$)*
	C	($r^2 = 0,68$, $p = 0,03$, $n = 35$)*	($r^2 = 0,64$, $p = 0,56$, $n = 35$)
<i>Rhinella granulosa</i>	S	($r^2 = 0,61$, $p = 0,0001$, $n = 47$)*	($r^2 = 0,46$, $p = 0,29$, $n = 47$)
	C	($r^2 = 0,33$, $p = 0,13$, $n = 28$)	($r^2 = 0,27$, $p = 0,68$, $n = 28$)
<i>Scinax x-signatus</i>	S	($r^2 = 0,70$, $p = 0,0001$, $n = 43$)*	($r^2 = 0,53$, $p = 0,37$, $n = 43$)
	C	($r^2 = 0,87$, $p = 0,002$, $n = 25$)*	($r^2 = 0,85$, $p = 0,007$, $n = 25$)*
<i>Pithecopus gonzagai</i>	C	($r^2 = 0,78$, $p = 0,76$, $n = 15$)	($r^2 = 0,81$, $p = 0,15$, $n = 15$)

Discussão

Nossos resultados, no geral, mostram que a amplitude de temperatura corporal média nas espécies de anuros (24,2–29,3°C) encontra semelhança com aquela estimada para outras populações de anuros de regiões áridas, em especial bufonídeos e leptodactídeos (Sanabria e Quiroga, 2019). Essa faixa de temperatura parece ser muito determinada pela interação entre preferências de micro-habitat, a sazonalidade e a hora do dia em que a atividade dos anuros ocorre. Por exemplo, a prevenção de altas temperaturas por *Scinax x-signatus* e *Pithecopus gonzagai*, no período seco e diurno na Caatinga, contrasta com os dados obtidos para *Leptodactylus macrosternum* e os bufonídeos (*R. diptycha* e *R. granulosa*) os quais foram menos restritivos à atividade sob tais condições climáticas desidratantes, o que poderia ser justificado como um mecanismo para atingir suas temperaturas corporais adequadas.

A maioria dos anuros que ocorrem em condições aparentemente desfavoráveis da Caatinga, especialmente no período de seca, tem mecanismos para se proteger da dessecação na superfície do solo, tais como, se enterrando, acumulando ureia nos fluidos corporais e formando casulos (Navas *et al.*, 2004; Varjão e Ribeiro, 2018). Altas temperaturas ambientais têm efeitos diretos no comportamento e na fisiologia dos anfíbios (Rome *et al.*, 2002). Nossos dados revelam um maior número de anuros com temperatura corpórea aferida durante a noite o que indica que estes animais, em termos comportamentais, passam o dia em abrigos para evitar as altas temperaturas, e se tornam ativos à noite. Em termos fisiológicos, a pele úmida dos anfíbios pode

umentar a taxa de perda de água por evaporação o que é uma das principais causas de perda de energia calórica (Shoemaker *et al.*, 1992; Bovo, 2015). Nesta perspectiva, a troca de calor por exposição direta aos raios solares não é interessante para os anuros. De fato, a heliotermia foi relatada em poucos anuros, tais como em *Anaxyrus boreas* e *Rhinella spinulosa* (Lillywhite *et al.*, 1973; Lambrinos e Kleier, 2003). Os anuros do presente estudo, no período diurno (principalmente *R. granulosa*), utilizaram fendas no solo do leito seco de poças temporárias. De acordo com Navas *et al.* (2004), estes locais de refúgio ainda podem reservar umidade necessária para que os anuros evitem a perda de água por evapotranspiração.

Visto que a termorregulação dos anfíbios fora da água é desafiadora (Köhler *et al.*, 2011), o comportamento seletivo de temperatura nos anfíbios é muitas vezes sobreposto por esforços para se manter hidratado (Tracy *et al.*, 1993). Neste estudo, os anuros tiveram preferência por ambientes próximos a corpos d'água. E uma das estratégias para manter a hidratação e uma temperatura corporal constante é a escolha de um micro-habitat apropriado (Seebacher e Alford, 2002). Nesse sentido, os micro-habitats ocupados pelos anuros, neste estudo, parecem refletir esse compromisso.

A temperatura corpórea da maioria das espécies de anuros estudadas apresentou associação significativa com a temperatura do substrato, exceto *R. granulosa* e *P. gonzagai* no período chuvoso. A respeito disso, para *R. granulosa* um anuro terrícola, a temperatura do substrato ainda apresentou tendência a exercer maior efeito sobre sua temperatura corpórea, ainda que tenha havido maior uso de micro-habitats dentro d'água em detrimento ao

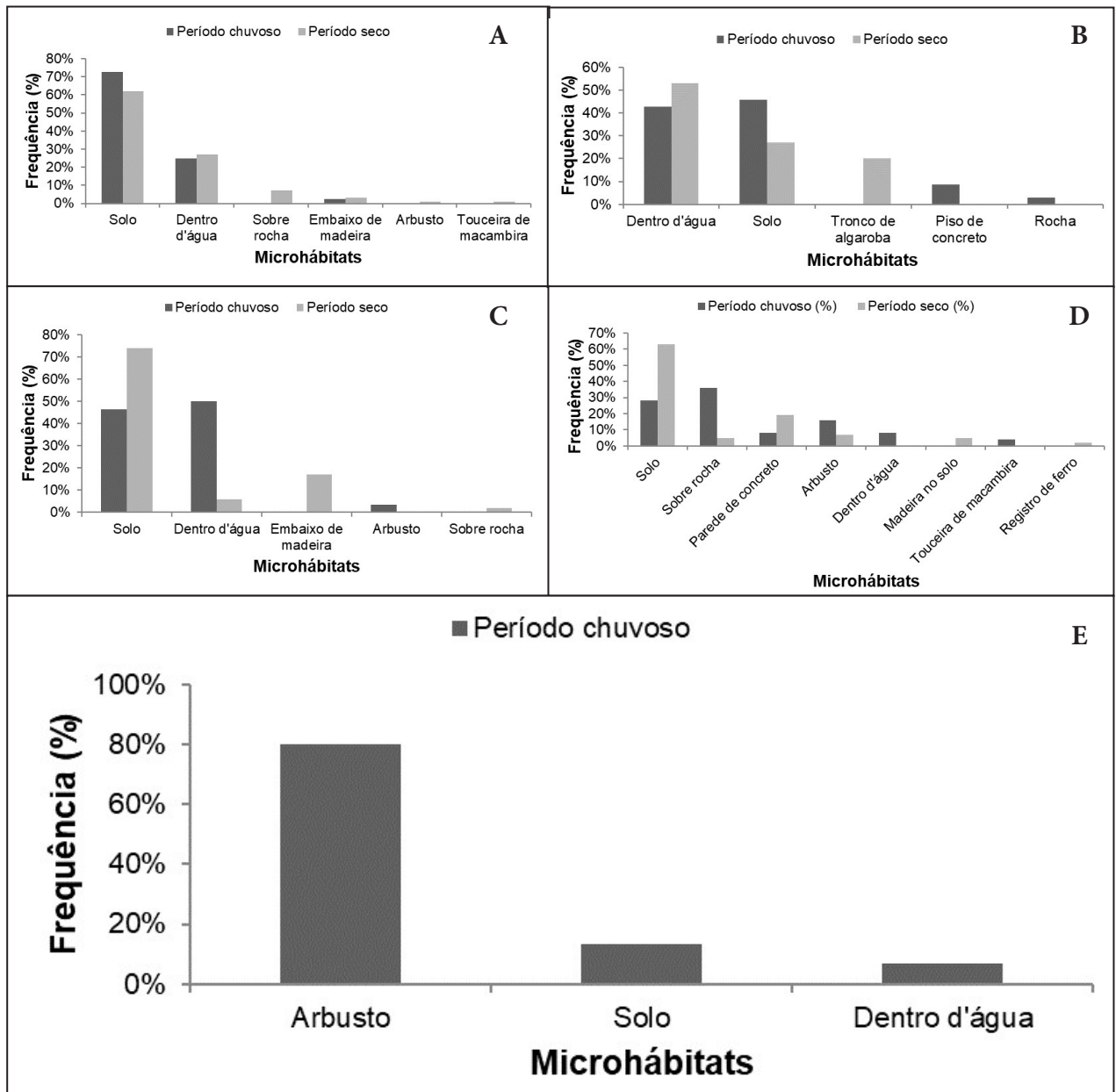


Figura 4. Micro-hábitats utilizados pelos anuros durante os períodos chuvoso e seco. (A) *Leptodactylus macrosternum*, (B) *Rhinella diptycha*, (C) *Rhinella granulosa*, (D) *Scinax x-signatus*, (E) *Pithecopus gonzagai* (dados obtidos apenas para o período chuvoso). Notas: “macambira” é uma planta da família das bromeliáceas. “Algaroba” é uma árvore da família das leguminosas. “Registro de ferro” se trata de um objeto de natureza antrópica.

solo. Em contrapartida, o anuro noturno *P. gonzagai* teve sua temperatura corpórea com tendência a um maior efeito da temperatura do ar, o que confere com seu hábito arborícola, sob influência de convecções de ar na regulação térmica.

A associação com a temperatura do ar foi significativa apenas em *R. diptycha* no período seco e em *S. x-signatus* no período chuvoso. Para *R. diptycha*, que representa anuros de grande tamanho corporal (medindo de 230 a 250 mm de compri-

mento rostro-cloacal, quando adultos; Carvalho-e-Silva *et al.* 2015), é possível que esse fator tenha favorecido a maior distância em altura do solo, e influenciado nessa relação térmica com o ar, o que merece investigação futura. Para *S. x-signatus* o uso de micro-hábitats verticais também favorece a ação das convecções de ar na regulação térmica. No entanto, para essas duas espécies, a associação com o substrato ainda foi maior (dado o maior coeficiente r^2 , Tabela 2). Isto sugere que essas espécies

de anuros, e as demais reportadas nessa relação, apresentam uma termorregulação tigmotérmica, que é a obtenção de calor por meio da condução. Visto que o ar apresenta menor condutividade de calor em relação aos substratos, a temperatura corpórea tende a ser mais influenciada pela temperatura do substrato (Zug *et al.*, 2001). Um padrão observado em outros anuros, tais como em *Rhinella arenarum* (Sanabria *et al.*, 2003).

Variações sazonais em temperatura corpórea têm sido registradas em animais ectotérmicos (Zug *et al.*, 2001; Ribeiro e Freire, 2010). De acordo com esses estudos, elas podem ser influenciadas pelas distintas condições térmicas e pelas fontes de calor ambiental de cada estação, que resultam em um processo de aclimação para cada espécie manter a temperatura do corpo dentro da faixa apropriada para desempenho comportamental e ecológico. *Leptodactylus macrosternum*, *R. granulosa* e *R. diptycha* apresentaram temperaturas corpóreas mais elevadas no período chuvoso. Esse cenário corrobora com os estudos que reportam a influência do gradiente térmico ambiental na variação da temperatura dos anuros (Sanabria *et al.*, 2003; Sanabria e Quiroga, 2019).

Conclusão

O presente estudo ajuda a sanar uma grande lacuna de informação sobre a ecologia térmica dos anuros brasileiros, explorando a relação entre a temperatura do corpo e as temperaturas ambientais de cinco espécies comuns, que ocorrem no bioma Caatinga. A variação sazonal das temperaturas corpóreas, significativamente mais altas no período chuvoso para a maioria das espécies, o espectro de micro-habitats utilizados, e as faixas de temperaturas ambientais exploradas, cuja temperatura do substrato exerceu maior influência na temperatura corpórea dos anuros, são resultados importantes deste estudo.

Altas temperaturas ambientais têm efeitos diretos sobre o comportamento e a fisiologia dos anfíbios. Em um cenário atual de emergência climática, cujo aquecimento global está causando um aumento na temperatura global em ritmo acelerado, e um aumento de eventos climáticos extremos com implicações ecológicas reconhecidas, resultados de caráter analítico como os deste estudo, podem auxiliar na identificação de como os efeitos de mudanças climáticas, assim como nas mudanças antropogênicas globais, como o uso de agrotóxicos, têm impacto

sobre a fisiologia térmica de anfíbios.

Em termos de perspectiva para novos estudos, os desafios aqui encontrados e enfrentados para a coleta de dados térmicos dos anuros, em especial no período de estiagem, em áreas de amostragem muito distantes umas das outras, mostram a possibilidade de realizar abordagens comparativas com populações de anuros de outras áreas geográficas, assim como, em ambientes mais heterogêneos do bioma Caatinga.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF pelo suporte e apoio. Ao Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga – CEMFAUNA pelo apoio logístico. Aos revisores pelas contribuições para melhoria do manuscrito. A Leandro Oliveira pela confecção do mapa. A Euvaldo Marciano pelo apoio nas coletas e nas análises. O presente trabalho foi executado com o suporte de bolsa de Iniciação Científica (IC) à Larissa Carvalho Ferreira, apoiado pelo Ministério da Integração Nacional (MI) através do destaque orçamentário destinado a execução do Programa de Conservação de Fauna e Flora do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF), e executado pelo Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga (CEMAFAUNA-CAATINGA/UNIVASF).

Referências Bibliográficas

- Ab'saber, A.N. 1974. O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras. *Geomorfologia* 43: 1- 39.
- Ab'saber, A.N. 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. *Ateliê Editorial*, São Paulo.
- Alves, I.M.A. 2019. Ecologia térmica de anuros de altitude na Mata Atlântica: avaliando efeitos da altitude, térmica do ambiente e da performance sob diferentes temperaturas. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).
- Bovo, R.P. 2015. Fisiologia térmica e balanço hídrico em anfíbios anuros. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista (UNESP).
- Brattstrom, B.H. 1963. A preliminary review of the thermal requirements of amphibians. *Ecology* 44: 238-255.
- Brattstrom, B.H. 1979. Amphibian temperature regulation studies in the field and laboratory. *American Zoologist* 19: 345-356.
- Carvalho-e-Silva, S.P.; Carvalho-e-Silva, A.M.P.T. & Luna-Dias, C. 2015. Anfíbios (Lissamphibia) da Reserva Biológica de Pedra Talhada: 333-355. In: Studer, A.; Nusbaumer, L. & Spichiger, R. (eds.). Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada (Alagoas, Pernambuco - Brasil). Conservatoire et Jardin Botaniques, Genebra.
- Cavalcanti, L.B.Q.; Costa, T.B.; Colli, G.R.; Costa, G.C.;

- França, F.G.R.; Mesquita, D.O.; Palmeira, C.N.S.; Pelegrin, N.; Soares, A.H.B.; Tucker, D.B. & Garda, A.A. 2014. Herpetofauna of protected areas in the Caatinga II: Serra da Capivara National Park, Piauí, Brazil. *Check list* 10: 18-27.
- Duellman, W.E. & Trueb, L. 1986. *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Garda, A.A.; Costa, T.B.; Santos-Silva, C.R.; Mesquita, D.O.; Faria, R.G.; Conceição, B.M.; Silva, I.R.S.; Ferreira, A.S.; Rocha, S.M.; Palmeira, C.N.S.; Rodrigues, R.; Ferrari, S.F. & Torquato, S. 2013. Herpetofauna of protected areas in the Caatinga I: Raso da Catarina Ecological Station (Bahia, Brazil). *Check List* 9: 405- 414.
- Garda, A.A.; Lion, M.B.; Lima, S.M.Q.; Mesquita, D.O.; Araujo, H.F.P. & Napoli, M.F. 2017. Os animais vertebrados do Bioma Caatinga. *Ciência e Cultura* 70: 29-34.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.
- Köhler, A.; Sadowska, J.; Olszewska, J.; Trzeciak, P.; Berger-Tal, O. & Tracy, C.R. 2011. Staying warm or moist? Operative temperature and thermal preferences of common frogs (*Rana temporaria*), and effects on locomotion. *Herpetological Journal* 21: 17-26.
- Lambrinos, J.G. & Kleier, C.C. 2003. Thermoregulation of juvenile Andean toads (*Bufo spinulosus*) at 4300 m. *Journal of Thermal Biology* 28: 15-19.
- Lillywhite, H.B.; Licht, P. & Chelgren, P. 1973. The role of behavioral thermoregulation in the growth energetics of the toad, *Bufo boreas*. *Ecology* 54: 375-383.
- Magalhães, F.M.; Laranjeiras, D.O.; Costa, T.B.; Juncá, F.A.; Mesquita, D.O.; Röhr, D.L.; Silva, W.P.; Vieira, G.H.C. & Garda, A.A. 2015. Herpetofauna of protected areas in the Caatinga IV: Chapada Diamantina National Park, Bahia, Brazil. *Herpetology Notes* 8: 243-261.
- Muniz, S.L.S.; Chaves, L.S.; Moura, C.C.M.; Vega, E.S.F.; Santos, E.M.; Moura, G.J.B. 2016. Diversity of lizards and microhabitat use in a priority conservation area of Caatinga in the Northeast of Brazil. *North-Western Journal of Zoology* 12: 78-90.
- Navas, C.A.; Antoniazzi, M.M. & Jared, C. 2004. A preliminary assessment of anuran physiological and morphological adaptation to the Caatinga, a Brazilian semi-arid environment. In: International Congress Series. *Elsevier*. p. 298-305.
- Navas, C.A.; Gomes, F.R. & Carvalho, J.E. 2008. Review: thermal relationship and exercise physiology in anuran amphibians: integration and evolutionary implications. *Comparative Biochemistry and Physiology* 151: 344-362.
- Oliveira, U.R.; Silva, M.P.; Vasconcelos, V.A.F. & Alvarez, I.A. 2009. Arborização urbana do centro de Petrolina-PE. XIII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, Acre, Brasil, pp.1-5.
- Oromí, N.; Sanuy, D.; Sinsch, U. 2010. Thermal ecology of natterjack toads (*Bufo calamita*) in a semiarid landscape. *Journal of Thermal Biology* 35: 34-40.
- Pedrosa, I.M.M.C.; Costa, T.B.; Faria, R.G.; França, F.G.R.; Laranjeiras, D.O.; Oliveira, T.C.S.P.; Palmeira, C.N.S.; Torquato, S.; Mott, T.; Vieira, G.H.C. & Garda, A.A. 2014. Herpetofauna of protected areas in the Caatinga III: The Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil. *Biota Neotropica* 14: 1-12.
- Prado, D.E. 2003. As caatingas da América do Sul: 3-74. Em: Leal, I.R.; Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. (eds.), *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE. Recife.
- Ribeiro, L.B. & Freire, E.M.X. 2010. Thermal ecology and thermoregulatory behaviour of *Tropidurus hispidus* and *T. semitaeniatus* in a caatinga area of northeastern Brazil. *Herpetological Journal* 20: 201-208.
- Rodrigues, M. T. 2003. Herpetofauna da Caatinga: 181-236. Em: Leal, I.R.; Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. (eds.), *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE. Recife.
- Rome, L.; Stevens, D. & John-Alder, B. 2002. The influence of temperature and thermal acclimation on physiological function: 183-205. In: Feder, M.M. & Burggren, W.W. (eds.), *Environmental Physiology of the Amphibians*.
- Sanabria, E. & Quiroga, L. 2019. The body temperature of active desert anurans from hyper-arid environment of South America: The reliability of WorldClim for predicted body temperatures in anurans. *Journal of Thermal Biology* 85: 102398.
- Sanabria, E.A.; Quiroga, L.B. & Acosta, J.C. 2003. Relación entre la temperatura corporal de adultos de *Bufo arenarum* (Anura: Bufonidae) y variables ambientales en un humedal de San Juan, Argentina. *Multequina* 12: 49-53.
- Seebacher, F. & Alford, R.A. 2002. Shelter microhabitats determine body temperature and dehydration rates of a terrestrial amphibian (*Bufo marinus*). *Journal of Herpetology* 36: 69-75.
- Silva, J.M.C.; Leal, I.R.; Tabarelli, M. 2017. Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America. Springer.
- Shoemaker, V.H.; Hillman, S.S.; Hillyard, S.D.; Jackson, D.C.; McClanahan, L.L.; Withers, P.C. & Wygoda M.L. 1992. Exchange of water, ions, and respiratory gases in terrestrial amphibians: 125-150. In: Burggren, W.W. (ed.), *Environmental Physiology of the Amphibians*. University of Chicago Press.
- Souzares, A.C.D. 1976. Climate of Caatinga. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 48: 325-335.
- Tracy, C.R.; Christian, K.A.; O'Connor, M.P. & Tracy, C.R. 1993. Behavioral thermoregulation by *Bufo americanus*: the importance of the hydric environment. *Herpetologica* 49: 375-382.
- Varjão, I.C.G. & Ribeiro, L.B. 2018. Field record of aestivation with formation of cocoon in the frog *Leptodactylus fuscus* (Anura: Leptodactylidae) in a semiarid region of northeastern Brazil. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 17: 135-138.
- Velloso, A.L.; Sampaio, E.V.S.B. & Pareyn, F.G.C. 2002. Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental. The Nature Conservancy do Brasil, Recife.
- Zug, G.R.; Vitt, L.G. & Caldwell, G.P. 2001. *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians & Reptiles*, second ed. Academy Press, USA.

