



Universidade Federal do Pará
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca

Influência das Características Ambientais dos Ninhos de *Podocnemis unifilis* sobre Sucesso Reprodutivo e Razão Sexual no Rio Iriri, bacia do Xingu, Pará

TAMIRES DE ALMEIDA PEREIRA DE OLIVEIRA

BELÉM – PA

2018



Universidade Federal do Pará
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca

Influência das Características Ambientais dos Ninhos de *Podocnemis unifilis* sobre Sucesso Reprodutivo e Razão Sexual no Rio Iriri, bacia do Xingu, Pará

TAMIRES DE ALMEIDA PEREIRA DE OLIVEIRA

Orientador: Dr. Juarez Carlos Brito Pezzuti

Co-orientador: Dr^a. Priscila Saikoski Miorando

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca como requisito parcial par a obtenção do título de mestre

BELÉM – PA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O48 Oliveira, Tamires de Almeida Pereira
Influência das Características Ambientais dos Ninhos de *Podocnemis unifilis* sobre Sucesso Reprodutivo e Razão Sexual no Rio Iriri, bacia do Xingu, Pará / Tamires de Almeida Pereira Oliveira. — 2018
44 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Juarez Carlos Brito Pezzuti
Coorientação: Profa. Dra. Priscila Saikoski Miorando.
1. Amazônia. 2. Quelônios de água doce. 3. Rio de água clara. I. Pezzuti, Juarez Carlos Brito , *orient.* II. Título
-

CDD 016.5745

Universidade Federal do Pará
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca

Influência das Características Ambientais dos Ninhos de *Podocnemis unifilis* sobre Sucesso Reprodutivo e Razão Sexual no Rio Iriri, bacia do Xingu, Pará

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca como requisito parcial para a obtenção do título de mestre

Orientador:

Juarez Carlos Brito Pezzuti
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)

Co-orientador:

Priscila Saikoski Miorando
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

Universidade Federal do Pará
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca

Influência das Características Ambientais dos Ninhos de *Podocnemis unifilis* sobre Sucesso Reprodutivo e Razão Sexual no Rio Iriri, bacia do Xingu, Pará

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca como requisito parcial para a obtenção do título de mestre

Banca Examinadora:

Dr. Gleomar Fabiano Maschio

Programa de Pós-Graduação em Zoologia (UFPA/MPEG)

Dr. Ronaldo Barthem

Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (UFPA)

Dr. Jackson Pantoja Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

Membros Suplentes:

Dr. Johnatan Ready

Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (UFPA)

Dr. Marcelo Costa Andrade

Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (UFPA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao ser superior responsável por nossa existência, obrigada por tudo, Sol.

Um agradecimento também ao cloroplasto devido a todo o progresso da humanidade.

Agradeço à minha família que sempre me apoiou e prezou pelos meus estudos.

Ao Yuri por sempre me apoiar e entender meu tempo durante esses anos de mestrado, sempre disposto a enfrentar os problemas ao meu lado.

Agradeço à Gabriela e Mirna, que sempre me apoiam, me fazem rir e sempre estão perto quando preciso.

Também aos amigos Fernanda e Elisandro que estiveram comigo desde a graduação, por toda a diversão e apoio durante esses anos.

Agradeço aos maiores professores doutores do universo pela orientação e ajuda, Priscila e seu Juarez. Assim como também à Dany por todo ensinamento e inspiração.

Agradeço à CAPES pela bolsa de mestrado.

Agradeço ao ICMBIO por ter financiado as coletas.

SUMÁRIO

Introdução geral	1
Referências Bibliográficas	5
Artigo: Influência das Características Ambientais dos Ninhos de <i>Podocnemis unifilis</i> sobre Sucesso Reprodutivo e Razão Sexual no Rio Iriri, Pará	
Abstract	13
Resumo	14
Introdução	15
Material e Métodos.....	17
Resultados	20
Discussão.....	21
Referências Bibliográficas.....	26
Tabelas.....	33
Figuras.....	35

INTRODUÇÃO GERAL

De acordo com a variação temporal e espacial na disponibilidade de recursos e condições ambientais, os animais tendem a escolher ambientes que proporcionam as circunstâncias ideais para a captação de recursos e prevenção de possíveis ameaças, a fim de aumentar a própria sobrevivência e sucesso reprodutivo (Reznick, Bryant & Bashey, 2002; Gaillard *et al.*, 2010). Dessa forma, as peculiaridades do ambiente predizem a distribuição dos indivíduos e influenciam o desenvolvimento de estratégias adaptativas, tanto sobre aspectos fenotípicos, quanto fisiológicos e comportamentais (Ricklefs & Wilkelski, 2002).

A influência das variáveis ambientais sobre a evolução de estratégias de vida pode ser percebida mais facilmente em espécies ectotérmicas, devido à sua alta dependência das condições ambientais para regulação térmica (Angilletta Jr, Steury & Sears, 2004). Em quelônios, a seleção de ambientes para nidificação tem influência crucial sobre a probabilidade de sobrevivência dos ovos (Vogt & Bull, 1982; Thorbjarnarson *et al.*, 1993; Rivers, Escalona & Fa, 1998; Ferreira Junior, 2009; Pignati *et al.*, 2013a) e na temperatura de incubação dos mesmos, refletindo no fenótipo, no desenvolvimento e na determinação sexual dos embriões (Plummer, 1976; Tracy, Packard & Packard, 1978; Kolbe & Janzen, 2001; Shine, 2005; Ferreira Júnior, Castro & Castro, 2007; Bower, Hodges & Georges, 2013; Amiel, Lindström & Shine, 2014). A escolha é feita a partir de características específicas de microambientes (Shine, 2005; Zuffi & Foschi, 2015), que variam em escala geográfica (Bull, Vogt e McCoy, 1982; Lovich *et al.*, 2010) e entre anos, em função de variações climáticas (Pignati *et al.*, 2013b; Eisemberg *et al.*, 2016).

Os quelônios Podocnemidideos estão amplamente distribuídos na região amazônica (Pritchard e Trebbau, 1984) e utilizam de diferentes formas a alta diversidade de habitats disponíveis no complexo sistema fluvial (Junk *et al.*, 2011) para garantir o sucesso reprodutivo. Características ambientais como a proporção de sedimentos finos do substrato, a cobertura vegetal, a distância da água, a profundidade do ninho e altura em relação ao nível da água influenciam a taxa de eclosão (Packard *et al.*, 1987; Rivers *et al.*, 1998; Kolbe & Janzen, 2001, 2002, Ferreira Júnior & Castro, 2006, 2010; Carneiro, 2012; Pignati *et al.*, 2013a, 2013b), assim como a proporção sexual da ninhada (Alho & Pádua, 1982; Souza & Vogt, 1994; Páez *et al.*, 2009; Carneiro, 2012; Pignati *et al.*, 2013b), através da manutenção de condições físico-químicas ideais para os filhotes se desenvolverem e eclodirem.

O ambiente selecionado pela fêmea também exerce influência sobre a probabilidade de perda dos ninhos (Escalona & Fa, 1998; Fachín Terán & von Mülhen, 2003; Carvalho Jr., Pezzuti & Maranhão, 2011; Arraes & Tavares-Dias, 2014). As principais causas de perda de ninhos de quelônios aquáticos na Amazônia são a coleta dos ovos por humanos, o alagamento provocado pela enchente repentina dos rios, e a predação por animais (Salera Junior *et al.*, 2009). Os ninhos são predados principalmente por lagartos *Tupinambis* sp. (Thorbjarnarson *et al.*, 1993; Soini, 1996; Escalona & Fa, 1998; Fachín Terán & von Mülhen, 2003; Pantoja-Lima *et al.*, 2009; Correa *et al.*, 2010), mas também por canídeos, aves e formigas (Félix-Silva, 2004; Batistella & Vogt, 2008; Salera Junior *et al.*, 2009; Ferreira Júnior & Castro, 2010). Vários estudos evidenciam a correlação da predação com ninhos mais próximos a vegetação, ninhos mais próximos à água, que apresentam menor profundidade e menor tempo desde a desova (Escalona & Fa, 1998; Spencer, 2002; Spencer & Thompson, 2003; Batistella & Vogt, 2008; Ferreira Junior, 2009; Ferreira Júnior & Castro, 2010; Baeta, 2013). Além desses predadores, larvas de moscas da família Sarcophagidae são frequentemente encontradas nos ninhos (Pezzuti & Vogt, 1999; Pantoja-Lima *et al.*, 2009; Correa *et al.*, 2010). A carne e os ovos dessa espécie são consumidos por humanos na Amazônia desde o período pré-colonial (Mittermeier, 1978; Smith, 1979; Johns, 1987), e atualmente ainda são apreciados na região (Rebêlo & Pezzuti, 2000; Pantoja-Lima *et al.*, 2014). A predação por humanos ocorre em ninhos mais expostos com pouco sombreamento (Escalona & Fa, 1998) e mais distantes da margem do rio (Baeta, 2013).

A elevação brusca do nível das águas no final do período de estiagem, causada pelo início da enchente dos rios, é um fenômeno regional conhecido como repiquete, o qual pode resultar no afogamento dos embriões antes do final do desenvolvimento (Alho & Pádua, 1982; Soini, 1996; Pezzuti & Vogt, 1999; Caputo, Canestrelli & Boitani, 2005; Batistella & Vogt, 2008; Ferreira Júnior & Castro, 2010; Pignati *et al.*, 2013b). A probabilidade de ocorrência de alagamento está relacionada a ninhos mais próximos à água, ninhos com menor altura, menos profundos e com desova tardia (Pezzuti & Vogt, 1999; Junior, 2009; Pantoja-Lima *et al.*, 2009; Ferreira Júnior & Castro, 2010; Pignati *et al.*, 2013a). Além dessas causas, a probabilidade de alagamento também pode variar devido às condições climáticas, que variam de um período reprodutivo a outro, ocasionando alterações no ciclo hidrológico sazonal, ao qual o período de maturação gonadal e comportamento reprodutivo dos quelônios estão

fortemente associados (Velasquez & Vogt, 2011; Eisemberg *et al.*, 2016). Ainda, mudanças crescentes na cobertura vegetal em escala regional, interferem tanto no clima regional e no ciclo hidrológico, na evapotranspiração e nos padrões de escoamento das águas pluviais, alterando a dinâmica dos pulsos de inundação e, conseqüentemente, nos padrões de alagamento (Fearnside, 2003). O conhecimento sobre as principais causas de mortalidade e em que estágios de vida elas ocorrem são importantes para fundamentar planos de conservação e manejo (Pezzuti, 1998; Raeder, 2003; Moll e Moll, 2004).

Informações sobre os fatores que determinam a produção de machos e fêmeas também são importantes (Janzen, 1994; Ferreira Júnior, 2009b; Pignati *et al.*, 2013a), visto que as espécies do gênero *Podocnemis*, assim como outros gêneros de quelônios, possuem um mecanismo específico de determinação sexual definido pela temperatura de incubação (TSD, do termo em inglês Temperature-dependent Sex Determination) (Ferreira Júnior, 2009b). A diferenciação gonadal ocorre ao segundo terço do período de incubação, definindo o sexo dos embriões (Bull & Vogt, 1979; Merchant-Larios, Fierro & Urruiza, 1989; Merchant-Larios *et al.*, 1997; Vogt & Flores-villela, 1992; Pieau & Dorizzi, 2004). Assim, a escolha do sítio de nidificação pela fêmea permite que esta favoreça determinada razão sexual, objetivando a manutenção da capacidade reprodutiva da população (Spencer, 2002). O sexo dos filhotes é definido por diferentes faixas de temperaturas: temperaturas mais altas propiciam o nascimento de fêmeas, enquanto temperaturas mais baixas favorecem o nascimento de machos (Rimblot *et al.*, 1985; Pieau, Dorizzi & Richard-Mercier, 1999; Ferreira Júnior, 2009b). Teoricamente, existe uma faixa de transição onde ambos os sexos são gerados com proporção de 50% cada, denominada temperatura pivotal, como já observado em ninhos incubados artificialmente sob temperaturas constantes (Bull *et al.*, 1982; Vogt & Bull, 1982; Rimblot *et al.*, 1985; Vogt & Flores-villela, 1992; Ferreira Júnior, 2009b). Na natureza, a tendência é que os ninhos contenham indivíduos predominantemente de um sexo (Janzen, 1994; Valenzuela, 2001; Carneiro, 2012; Pignati *et al.*, 2013a). Dessa forma, a razão sexual é influenciada por características ambientais que podem variar durante o período de incubação, alterando a temperatura dos ninhos, como cobertura vegetal, profundidade do ninho, composição granulométrica do substrato e o albedo. Estes fatores interferem tanto na incidência de luz quanto na absorção e condução de calor (Bull *et al.*, 1982; Merchant-Larios *et al.*, 1989; Vogt & Flores-villela, 1992; Janzen, 1994; Souza & Vogt, 1994; Ferreira Júnior & Castro, 2003, 2006; Carneiro, 2012; Pignati *et al.*, 2013a). Além destes fatores, a manipulação por seres humanos também

pode causar desvio na razão sexual, mesmo com fins de conservação (Valenzuela, 2001; Gomes & Ferreira Júnior, 2011), o que pode afetar o potencial reprodutivo das populações devido à especialização da seleção dos sítios de desova (Ferreira Júnior, 2009b). Conhecer os impactos de tais metodologias é crucial, sobretudo porque diversos programas de conservação ainda mantêm procedimentos de transferência e incubação de ovos em condições artificiais e semi-artificiais (Moll e Moll, 2004).

Entre os Podocnemidideos, o tracajá (*Podocnemis unifilis*) apresenta a maior plasticidade quanto aos atributos ambientais para nidificação, sendo considerado generalista na escolha de seus sítios reprodutivos (Soini, 1994, 1996; Escalona & Fa, 1998; Fachín Terán & von Mülhen, 2003; Ferreira Júnior & Castro, 2003). O tracajá desova tanto em ambientes arenosos, quanto em barrancos argilosos e em locais associados ou não à vegetação (Foote, 1978; Thorbjarnarson *et al.*, 1993; Soini, 1994; Fachín-Terán & Vogt, 2004; Ferreira Júnior & Castro, 2010; Pignati *et al.*, 2013b). A reprodução se inicia em sincronia com o ciclo hidrológico, e a desova e a incubação ocorrem no período de estiagem e a eclosão no início da enchente (Foote, 1978; Junk, 1989; Soini, 1994). A espécie atualmente é considerada Vulnerável pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) devido à intensa exploração histórica de sua carne e seus ovos (Mittermeier, 1978; Smith, 1979; Johns, 1987) que ainda são apreciados na região, sendo considerados recursos de importância econômica e cultural (Rebêlo & Pezzuti, 2000; Batistella & Vogt, 2008; Pantoja-Lima *et al.*, 2014). Além disso, diante das mudanças climáticas em escala regional e global, o sucesso reprodutivo e determinação sexual dos quelônios podem ser fortemente afetados devido às alterações das condições ambientais (Fuentes, Limpus & Hamann, 2011). Dessa forma, ampliar o conhecimento da biologia e ecologia reprodutiva da espécie ao longo de sua área de ocorrência e em anos sucessivos é necessário para a projeção de cenários futuros no contexto de alterações das condições ambientais de origem antrópica e climática, embasando a formulação de planos eficazes de manejo que visem o uso sustentável a fim de garantir a integridade dos ecossistemas aquáticos, manter o recurso e assegurar o estoque natural para as próximas gerações (Thorbjarnarson *et al.*, 1993; Caputo *et al.*, 2005; Cantarelli, 2006; Waldez *et al.*, 2013).

Vários estudos descrevem a reprodução de *Podocnemis unifilis* (Escalona & Fa, 1998; Ferreira Júnior & Castro, 2003, 2006; Caputo *et al.*, 2005; Pantoja-Lima *et al.*, 2009; Carvajal, Miranda & Wallace, 2011; Carneiro, 2012; Pignati *et al.*, 2013a, 2013b; Arraes & Tavares-Dias, 2014). No entanto, estudos sobre como as características

ambientais influenciam a reprodução são escassos na área que concerne ao rio Xingu e seus afluentes, devido a ampla distribuição geográfica da espécie. O rio Iriri se encontra na área de transição entre a floresta Amazônica e o cerrado, sendo a formação de corredeiras, vegetação pioneira e a forte estiagem (MPEG, 2008) características que podem alterar a biologia reprodutiva da espécie em relação à outras áreas de estudo, fazendo necessária a realização de estudos no âmbito de prevenir as consequências de futuras alterações ambientais, tornando possível a formulação de planos de conservação para a região. Dessa forma, o trabalho busca compreender a interação entre as características ambientais das áreas de desova do rio Iriri e o sucesso reprodutivo de *Podocnemis unifilis*, formando base para planos de manejo e para futuras prevenção em razão de alterações antrópicas e climáticas na região amazônica.

REFERÊNCIAS

Alho, C.J.R. & Pádua, L.F.M. (1982). Reproductive parameters and nesting behavior of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae) in Brazil. *Can. J. Zool.* **60**, 97–103.

Amiel, J.J., Lindström, T. & Shine, R. (2014). Egg incubation effects generate positive correlations between size, speed and learning ability in young lizards. *Anim. Cogn.* **17**, 337–347.

Angilletta Jr, M.J., Steury, T.D. & Sears, M.W. (2004). Temperature , Growth Rate , and Body Size in Ectotherms : Fitting Pieces of a. *Integr. Comp. Biol.* **44**, 498–509.

Arraes, D.R. dos S. & Tavares-Dias, M. (2014). Nesting and neonates of the yellow-spotted river turtle (*Podocnemis unifilis*, Podocnemididae) in the Araguari River basin, eastern Amazon, Brazil. *Acta Amaz.* **44**, 387–392.

Baeta, A.P. (2013). Sucesso Reprodutivo do Tracajá (*Podocnemis unifilis*) (Testudines , Podocnemididae) no Médio e Baixo Rio Xingu, Pará, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará.

Batistella, A.M. & Vogt, R.C. (2008). Nesting ecology of *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) of the rio Negro, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* **7**, 12–20.

Bower, D.S., Hodges, K.M. & Georges, A. (2013). Salinity of incubation media influences embryonic development of a freshwater turtle. *J. Comp. Physiol. B Biochem. Syst. Environ. Physiol.* **183**, 235–241.

Bull, J.J. & Vogt, R.C. (1979). Temperature-dependent sex determination in turtles. *Science (80-.)*. **206**, 1186–1188.

Bull, J.J., Vogt, R.C. & McCoy, C.J. (1982). Sex Determining Temperatures in Turtles : A Geographic Comparison. *Evolution (N. Y)*. **36**, 326–332.

Cantarelli, V.H. (2006). Alometria reprodutiva da tartaruga-da-Amazônia

(*Podocnemis expansa*): bases biológicas para o manejo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.

Caputo, F.P., Canestrelli, D. & Boitani, L. (2005). Conserving the terecay (*Podocnemis unifilis*, Testudines: Pelomedusidae) through a community-based sustainable harvest of its eggs. *Biol. Conserv.* **126**, 84–92.

Carneiro, C.C. (2012). Influência do Ambiente de Nidificação sobre a Taxa de Eclosão, a Duração da Incubação e a Determinação Sexual em *Podocnemis* (Reptilia, Podocnemididae) no Tabuleiro do Embaubal Rio Xingu, Pará.

Carvajal, P., Miranda, G. & Wallace, R. (2011). Parámetros reproductivos de *Podocnemis unifilis* en el Río Beni, Bolivia. *Rev. Boliv. Ecol. y Conserv. Ambient.* **29**, 23–32.

Carvalho Jr., E.A.R., Pezzuti, J.C.B. & Maranhao, M.B. (2011). *Podocnemis erythrocephala* Nests in the Lower Tapajos River, Central Amazonia, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* **10**, 146–148.

Correa-H, J.C., Cano-Castaño, A.M., Páez, V.P. & Restrepo, A. (2010). Reproductive Ecology of the Magdalena River Turtle (*Podocnemis lewyana*) in the Mompos Depression, Colombia. *Chelonian Conserv. Biol.* **9**, 70–78.

Eisemberg, C.C., Machado Balestra, R.A., Famelli, S., Pereira, F.F., Diniz Bernardes, V.C. & Carl Vogt, R. (2016). Vulnerability of Giant South American Turtle (*Podocnemis expansa*) nesting habitat to climate-change-induced alterations to fluvial cycles. *Trop. Conserv. Sci.* **9**, 1–12.

Escalona, T. & Fa, J.E. (1998). Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare-Tawadu rivers, Venezuela. *J. Zool. London* **244**, 303–312.

Fachín-Terán, A. & Vogt, R.C. (2004). Estrutura populacional, tamanho e razão sexual de *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no rio Guaporé (RO), norte do Brasil. *Phyllomedusa* **3**, 29–42.

Fachín Terán, A. & von Mülhen, E.M. (2003). Reproducción de la Taricaya

Podocnemis unifilis Troschel 1848 (Testudines: Podocnemididae) en la Várzea del Medio Solimões, Amazonas, Brasil. *Ecol. Apl.* **2**, 263–264.

Fearnside, P. M. (2003). A floresta amazônica nas mudanças globais. INPA, Manaus, 134p.

Félix-Silva, D. (2004). Ecologia Reprodutiva de Cabeçudo (*Peltocephalus dumerilianus*) Testudines: Pelomedusidae no Parque Nacional do Jaú, Amazonas-Brasil. Dissertação de Mestrado, Univ. do estado do Rio Janeiro.

Ferreira Junior, P. D. (2009a). Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas. *Acta Amazonica.* **39**, 319–334.

Ferreira Júnior, P.D. (2009b). Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. *Acta Amaz.* **39**, 139–154.

Ferreira Júnior, P.D., Castro, A.Z. & Castro, P.T. a. (2007). the Importance of Nidification Environment in the *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* Phenotypes (Testudines: Podocnemididae). *South Am. J. Herpetol.* **2**, 39–46.

Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P. de T.A. (2003). Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in Rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amaz.* **33**, 445–468.

Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P. de T.A. (2006). Thermal environment characteristics of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting Areas on the Javaés river, Tocantins, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* **5**, 102–107.

Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P. de T.A. (2010). Nesting ecology of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae) in the Javaés River, Brazil. *Brazilian J. Biol.* **70**, 85–94.

Foote, R.W. (1978). Nesting of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Pelomedusidae) in the Colombian Amazon. *Herpetologica* **34**, 333–339.

Fuentes, M.M.P.B., Limpus, C.J. & Hamann, M. (2011). Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. *Glob. Chang. Biol.* **17**, 140–153.

Gaillard, J., Hebblewhite, M., Loison, A., Fuller, M., Powell, R., Basille, M., Moorter, B. Van, Gaillard, J., Hebblewhite, M., Loison, A., Fuller, M., Powell, R., Basille, M. & Moorter, B. Van. (2010). Habitat – performance relationships : finding the right metric at a given spatial scale. *Philos. Trans. R. Soc.* **365**, 2255–2265.

Gomes, A.S. & Ferreira Júnior, P.D. (2011). Management and relocation of nests of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Testudines, Podocnemididae) on the Crixás-Açu River, Brazil. *Brazilian J. Biol.* **71**, 975–982.

Janzen, F.J. (1994). Vegetational Cover Predicts the Sex Ratio of Hatchling Turtles in Natural Nests. *Ecology* **75**, 1593–1599.

Johns, A.D. (1987). Continuing Problems for Amazon River Turtles. *Oryx* **21**.

Junior, P. dias F. (2009). Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas. *Acta Amaz.* **39**, 319–334.

Junk, W.J. (1989). The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems.

Junk, W.J., Teresa, M., Piedade, F., Schöngart, J., Cohn-haft, M., Adeney, J.M. & Wittmann, F. (2011). A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands* **31**, 623–640.

Kolbe, J.J. & Janzen, F.J. (2001). The influence of propagule size and maternal nest-site selection on survival and behaviour of neonate turtles. *Funct. Ecol.* **15**, 772–781.

Kolbe, J.J. & Janzen, F.J. (2002). Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. *Ecology* **83**, 269–281.

Lovich, J.E., Znari, M., Baamrane, M.A.A., Naimi, M. & Mostalich, A. (2010). Biphase Geographic Variation in Sexual Size Dimorphism of Turtle (*Mauremys leprosa*) Populations Along an Environmental Gradient in Morocco. *Chelonian Conserv. Biol.* **9**, 45–53.

Merchant-Larios, H., Fierro, I.V. & Urruiza, B.C. (1989). Gonadal Morphogenesis under Controlled Temperature in the Sea Turtle *Lepidochelys olivacea*. *Herpetol. Monogr.* **3**, 43–61.

Merchant-Larios, H., Ruiz-Ramirez, S., Moreno-Mendoza, N. & Marmolejo-Valencia, A. (1997). Correlation among thermosensitive period, estradiol response, and gonad differentiation in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **107**, 373–385.

Mittermeier, R.A. (1978). South America's River Turtles : Saving Them by Use. *Oryx* **14**, 222–230.

Moll, D. & Moll, E. O. (2004). The ecology, exploitation and conservation of river turtles. Oxford University Press, New York, 393p.

MPEG. (2008). Descrição e Análise da Flora da Região do Médio-Baixo Rio Xingu.

Packard, G.C., Packard, M.J., Miller, K. & Boardman, T.J. (1987). Influence of Moisture , Temperature , and Substrate on Snapping Turtle Eggs and Embryos. *Ecology* **68**, 983–993.

Páez, V.P., Correa, J.C., Cano, A.M. & Bock, B.C. (2009). A Comparison of Maternal and Temperature Effects on Sex, Size, and Growth of Hatchlings of the Magdalena River Turtle (*Podocnemis lewyana*) Incubated under Field and Controlled Laboratory Conditions. *Copeia* **2009**, 698–704.

Pantoja-Lima, J., Aride, P.H.R., de Oliveira, A.T., Félix-Silva, D., Pezzuti, J.C.B. & Rebêlo, G.H. (2014). Chain of commercialization of *Podocnemis* spp. turtles (Testudines: Podocnemididae) in the Purus River, Amazon basin, Brazil: current status and perspectives. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* **10**, 8.

Pantoja-Lima, J., Pezzuti, J.C.B., Félix-Silva, D., Rebêlo, G.H., Monjeló, L.A.D.S. & Kemenes, A. (2009). Seleção de Locais de Desova e Sobrevivência de Ninhos de Quelônios *Podocnemis* no Baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* **1**.

Pezzuti, J. C. B. (1998). Ecologia reprodutiva da iaçá, *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae) na RDSM, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

Pezzuti, J.C.B. & Vogt, R.C. (1999). Nesting Ecology of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae) in the Japurá River, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* **3**, 419–424.

Pieau, C. & Dorizzi, M. (2004). Oestrogens and temperature-dependent sex determination in reptiles: All is in the gonads. *J. Endocrinol.* **181**, 367–377.

Pieau, C., Dorizzi, M. & Richard-Mercier, N. (1999). Temperature-dependent sex determination and gonadal differentiation in reptiles. *Cell. Mol. Life Sci.* **55**, 887–900.

Pignati, M.T., Fernandes, L.F., Miorando, P.S., Ferreira, P.D. & Pezzuti, J.C.B. (2013a). Effects of the Nesting Environment on Embryonic Development, Sex Ratio, and Hatching Success in *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in an Area of Várzea Floodplain on the Lower Amazon River in Brazil. *Copeia* **2013**, 303–311.

Pignati, M.T., Fernandes, L.F., Miorando, S., Ferreira, P.D., Carlos, J., Pezzuti, B. & Miorando, P.S. (2013b). Nesting Site and Hatching Success of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in a Floodplain Area in Lower Amazon River, Pará, Brazil. *Source South Am. J. Herpetol.* **8**, 175–185.

Plummer, M. V. (1976). Some aspects of Nesting Success in the Turtle, *Trionyx muticus*. *Herpetologica* **32**, 353–359.

Pritchard & Trebbau 1984. The turtles of Venezuela. Oxford, Society for the Study of Amphibians and Reptiles. 403p.

Raeder, F. L. 2003. Elaboração de plano para conservação e manejo de aves e quelônios na praia do Horizonte, Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, AM. Dissertação de Mestrado, INPA, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

Rebêlo, G. & Pezzuti, J. (2000). Percepções Sobre o Consumo de Quelônios na Amazônia . Sustentabilidade E Alternativas Ao Manejo Atual. *Ambient. e Soc.* **6**, 85–105.

Reznick, D., Bryant, M.J. & Bashey, F. (2002). r- and K- selection revisited: The role of population regulation in life-history evolution. *Ecology* **83**, 1509–1520.

Ricklefs, R.E. & Wilkelski, M. (2002). The physiology/life history nexus. *Trends Ecol. Evol.* **17**, 462–469.

Rimblot, F., Fretey, J., Mrosovsky, N., Lescure, J. & Pieau, C. (1985). Sexual Differentiation as a Function of the Incubation Temperature of Eggs in the Sea-Turtle *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). *Amphibia-Reptilia* **6**, 83–92.

Salera Junior, G., Malvasio, A., Costa, T. & Portelinha, G. (2009). Avaliação da Predação de *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no rio Javaés, Tocantins. *Acta Amaz.* **39**, 207–214.

Shine, R. (2005). Life-History Evolution in Reptiles. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **36**, 23–46.

Smith, N.J.H. (1979). Quelônios Aquáticos da Amazônia: um Recurso Ameaçado. *Acta Amaz.*

Soini, P. (1994). Ecología Reproductiva de la Taricaya (*Podocnemis unifilis*) en el río Pacaya, Perú. *Folia Amaz.* **7**, 220.

Soini, P. (1996). Ecología y manejo de quelonios acuáticos en la Amazonia Peruana. *Manejo fauna Silv. en la Amaz.*

Souza, R. & Vogt, R.C. (1994). Incubation Temperature Influences Sex and Hatchling Size in the Neotropical Turtle **28**, 453–464.

Spencer, R.-J. (2002). Experimentally Testing Nest Site Selection: Fitness Trade-Offs and Predation Risk in Turtles **83**, 2136–2144.

Spencer, R.J. & Thompson, M.B. (2003). The significance of predation in nest site selection of turtles: an experimental consideration of macro- and microhabitat preferences. *Oikos* **102**, 592–600.

Thorbjarnarson, J.B., Perez, N., Escalona, T., Herpetology, J., Sep, N. & River, C. (1993). Nesting of *Podocnemis unifilis* in the Capanaparo River, Venezuela Nesting of *Podocnemis unifilis* in the. *J. Herpetol.* **27**, 344–347.

Tracy, C.R., Packard, G.C. & Packard, M.J. (1978). Water Relations of

Chelonian Eggs. *Physiol. Zool.* **51**, 378–387.

Valenzuela, N. (2001). Society for the Study of Amphibians and Reptiles Maternal Effects on Life-History Traits in the Amazonian Giant River Turtle *Podocnemis expansa*. *J. Herpetol.* **35**, 368–378.

Velasquez, J. d. L.O. & Vogt, R.C. (2011). Ciclo ovárico y jerarquía folicular de *Peltocephalus dumerilianus* (Testudines : Podocnemididae). *Acta Amaz.* **41**, 243–250.

Vogt, R.C. & Bull, J.J. (1982). Temperature Controlled Sex-Determination in Turtles : Ecological and Behavioral. *Herpetologica* **38**, 156–164.

Vogt, R.C. & Flores-villela, O. (1992). Effects of Incubation Temperature on Sex Determination in a Community of Neotropical Freshwater Turtles in Southern Mexico. *Herpetologica* **48**, 265–270.

Waldez, F., Gama e Adário, L., Marioni, B., Rossoni, F. & Erickson, J. (2013). Monitoramento Participativo da Caça de Quelônios (Podocnemididae) por Comunitários Ribeirinhos no Baixo Rio Purus e Proteção de Sítios de Desova na RDS Piagaçu-Purus, Brasil. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* **5**, 4–23.

Zuffi, M.A.L. & Foschi, E. (2015). Reproductive patterns of European pond turtles differ between sites: a small scale scenario. *Amphibia-Reptilia* **36**, 339–349.

Artigo a ser traduzido e submetido ao Journal of Zoology

Influência das Características Ambientais dos Ninhos de *Podocnemis unifilis* sobre Sucesso Reprodutivo e Razão Sexual no Rio Iriri, Pará

Tamires de Almeida Pereira de Oliveira¹; Priscila Saikoski Miorando²; Juarez Carlos Brito Pezzuti³

¹*Universidade Federal do Pará (UFPA). Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110. E-mail: tamiresapdeoliveira@gmail.com.*

²*Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Endereço: Rodovia PA-254, nº 257 - Bairro Santíssimo, Oriximiná - PA, 68270-000. E-mail: pri.miorando@gmail.com.*

³*Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), Universidade Federal do Pará (UFPA). Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110. E-mail: juarez.pezzuti@gmail.com.*

Abstract - Knowledge about factors that influence the reproduction of Amazonian chelonians is essential for the planning of conservation efforts on areas of species reproduction, as well as for projecting future scenarios in the face of environmental changes. Our objective was to evaluate the reproductive success and sexual ratio of *Podocnemis unifilis* in the Iri River, by analyzing the influence of the environmental characteristics of the nests in 2012 and 2013. A total of 121 nests were manipulated for the monitoring, whereas 30 nests were not manipulated to compare the hatching rates. Overall hatching rate was 0.76, varying from 0.76 in 2012 and 0.73 in 2013, with no significant difference (pseudo-F = 1.06, $p > 0.05$). The final depth was positively related to hatching rate ($t = 2.57$, $p < 0.05$). Among non-hatched eggs, 1.51% were found with Sarcophagidae larvae in shallower nests ($t = -3.02$, $p < 0.05$). No loss of eggs by flooding were recorded. The frequency/presence of rotten eggs (6.40%) were related to nests with lower depth ($t = -2.13$, $p < 0.05$). Causes of egg mortality differed between years (X-squared = 92.89, $df = 6$, $p < 0.05$), where not-developed eggs were more frequent in 2012 and rotted ones in 2013. The difference in hatching rates between manipulated nests and non-manipulated was significant (pseudo-F = 2.52, $p < 0.05$). A sex ratio was skewed 100% for females. Severe summers appear to favor high reproductive success and female breeding, in addition to reducing or eliminating losses from flooding. Despite environmental conditions cause different influences on the development of the chelonians according to locality, climatic factors can prevail and lead to high reproductive success and completely deviant sexual ratio.

Key words: Amazonia; fresh water turtles; clearwater river

Resumo.- O conhecimento dos fatores que influenciam a reprodução de quelônios amazônicos é essencial para planejamento dos esforços de conservação sobre áreas de reprodução da espécie, assim como para projetar cenários futuros diante de mudanças ambientais. Nosso objetivo foi avaliar o sucesso reprodutivo e a razão sexual de *Podocnemis unifilis* no rio Iriri, através da análise da influência das características ambientais dos ninhos em 2012 e 2013. Foram manipulados 121 ninhos para o monitoramento, sendo 30 ninhos não manipulados para comparação das taxas de eclosão. A taxa de eclosão total foi de 0.76, variando de 0.76 em 2012 e 0.73 em 2013, sem diferença significativa (pseudo-F= 1.06, $p > 0.05$). A profundidade final foi positivamente relacionada à taxa de eclosão ($t = 2.57$, $p < 0.05$). Entre os ovos não eclodidos, 1.51% foram encontrados com larvas de Sarcophagidae em ninhos mais rasos ($t = -3.02$, $p < 0.05$). Não observamos a perda de ovos por alagamento. A presença de ovos podres (6.40%) foi relacionada a ninhos com menor profundidade ($t = -2.13$, $p < 0.05$). As causas de mortalidade de ovos diferiram entre os anos (X-squared = 92.89, $df = 6$, $p < 0.05$), sendo ovos sem desenvolvimento mais frequentes em 2012, e apodrecidos em 2013. A diferença das taxas de eclosão entre ninhos manipulados e não manipulados foi significativa (pseudo-F= 2.52, $p < 0.05$). A razão sexual foi enviesada 100% para fêmeas. Aparentemente, verões severos favorecem o sucesso reprodutivo e a produção de fêmeas, além de reduzir ou eliminar as perdas por alagamento. Embora as condições ambientais possam exercer diferentes influências sobre o desenvolvimento dos quelônios conforme a localidade, fatores climáticos podem prevalecer e levar a um sucesso reprodutivo elevado e razão sexual totalmente desviada.

Palavras-chave: Amazônia; quelônios de água doce; rio de água clara

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos e as condições ambientais predizem a sobrevivência e sucesso reprodutivo dos animais, através da prevenção de ameaças e da otimização das condições ideais para o desenvolvimento da prole (Reznick et al., 2002; Gaillard et al., 2010). Nos quelônios, a seleção dos locais de desova pelas fêmeas exerce uma influência crucial sobre a sobrevivência (Pignati et al., 2013a) e a razão sexual da ninhada (Ferreira Jr e Castro, 2010; Pignati et al., 2013b), ocorrendo a partir de características físicas e bióticas de microambientes (Shine, 2005; Zuffi e Foschi, 2015) que podem variar geograficamente em função de diferenças regionais (Bull et al. 1982; Litzgus e Mousseau, 2006; Lovich et al., 2010), e entre períodos reprodutivos em função de variações climáticas (Fuentes et al., 2011; Pignati et al., 2013b; Eiseberg et al., 2016).

Os quelônios da Família Podocnemididae estão amplamente distribuídos na região amazônica (Pritchard e Trebbau, 1984) e utilizam sua alta diversidade de habitats para desova (Junk et al., 2011) de forma a garantir uma reprodução bem-sucedida (Ferreira Jr e Castro, 2010). Portanto, em nível local, o sucesso reprodutivo é influenciado por um conjunto de fatores, como granulometria, distância da água, altura do ninho, profundidade inicial e final, cobertura vegetal, inclinação e orientação (Janzen, 1994; Ferreira Jr e Castro, 2003; Ferreira Jr e Castro, 2010; Carneiro, 2012; Pignati et al., 2013a; Pignati et al., 2013b). Estes, por sua vez, variam em diferentes escalas espaciais e temporais, como já mencionado.

Assim, o ambiente selecionado pela fêmea exerce influência sobre a probabilidade de perda dos ninhos (Gaillard et al., 2010), considerando as opções disponíveis quanto ao substrato e à heterogeneidade ambiental das áreas de postura, e

ainda ao longo do período em que existem ambientes disponíveis para desova. Na Amazônia, os ninhos são predados principalmente por lagartos *Tupinambis sp.* (Pantoja-Lima et al., 2009; Correa et al., 2010), mas também por macacos, canídeos, aves, formigas (Felix-Silva, 2004; Batistella e Vogt, 2008; Salera Jr et al., 2009) e larvas de moscas da família Sarcophagidae (Pezzuti e Vogt, 1999; Fachin e Von Mulhen, 2003; Haller e Rodrigues, 2006; Pantoja-Lima et al., 2009). A predação humana também exerce forte pressão sobre ovos e fêmeas desde o período pré-colonial (Johns, 1987; Mittermeier, 1978; Smith, 1979), constituindo uma importante fonte de proteína e recurso comercial para as populações locais na região amazônica (Foote, 1978; Rebêlo e Pezzuti, 2000; Waldez et al., 2013; Norris e Michalski, 2013). Além disso, a elevação brusca do nível das águas no final do período de estiagem, conhecido como repiquete, pode causar o alagamento dos ninhos antes do final do desenvolvimento dos embriões (Pezzuti e Vogt, 1999; Ferreira Jr e Castro, 2010; Pignati et al., 2013a). A probabilidade de alagamento também pode variar entre anos devido às condições climáticas, que por sua vez provocam oscilações entre cada ciclo hidrológico anual (Velasquez e Vogt, 2011; Einseberg et al., 2016). Ainda, mudanças crescentes na cobertura vegetal em escala regional interferem no clima da região e no ciclo hidrológico, causando mudanças nos padrões de alagamento (Fearnside, 2003).

Os fatores ambientais também definem o sexo dos filhotes na maioria dos quelônios, incluindo *Podocnemis spp.* (Janzen, 1994; Souza e Vogt, 1994; Ferreira Jr, 2009b; Pignati et al., 2013a), visto que possuem um mecanismo específico de determinação sexual definido pela temperatura de incubação (TSD, do termo em inglês Temperature-dependent Sex Determination) (Bull e Vogt, 1979). A razão sexual de um ninho é influenciada pelos fatores ambientais que determinam a temperatura dos ninhos durante o período de diferenciação gonadal (Souza e Vogt, 1994; Alho et al., 1985; Pignati et al., 2013b), assim, a escolha do sítio de nidificação pela fêmea permite que esta favoreça determinada razão sexual, objetivando a manutenção da capacidade reprodutiva da população (Spencer, 2002). Além disso, a manipulação por seres humanos, mesmo com fins de conservação, também pode causar desvios na razão sexual (Valenzuela, 2001; Gomes e Ferreira Jr., 2011), o que pode ser prejudicial para quelônios especialistas, afetando o potencial reprodutivo das populações no futuro (Shine, 2005).

Entre os Podocnemidídeos, o tracajá (*Podocnemis unifilis*) é considerado generalista na escolha de seus sítios reprodutivos (Fachin-Teran e Von Mulhen, 2003),

pois desova tanto em ambientes arenosos, quanto em barrancos argilosos e em locais associados ou não à vegetação (Ferreira Jr e Castro, 2010; Pignati et al., 2013b). A reprodução se inicia em sincronia com o ciclo hidrológico, com a desova e a incubação ocorrendo no período de estiagem, e a eclosão no início da enchente (Foote, 1978; Junk et al, 1989; Soini, 1994). A espécie atualmente é considerada vulnerável pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN em inglês) devido à intensa exploração histórica de sua carne e seus ovos (Johns, 1987; Mittermeier, 1978; Smith, 1979), que ainda são apreciados na região, sendo considerado um recurso de importância econômica e cultural (Rebello e Pezzuti, 2000; Batistella e Vogt, 2008; Pantoja-Lima et al. 2014). O estudo dos fatores que influenciam o sucesso reprodutivo e a razão sexual desta espécie ao longo da sua área de distribuição, assim como da variação destes parâmetros entre anos, são importantes visto que diferentes características ambientais, como composição granulométrica, vegetação, regime de chuvas e, conseqüentemente, a temperatura, ocasionam diferentes estratégias adaptativas para garantir a sobrevivência da espécie (Bermudez-Romero et al., 2015). Sendo assim, as mudanças climáticas em escala regional e global podem afetar intensamente o sucesso reprodutivo e determinação sexual dos quelônios devido às alterações ambientais (Fuentes et al. 2011). Dessa forma, ampliar o conhecimento da biologia e ecologia reprodutiva da espécie ao longo de sua área de ocorrência e em anos sucessivos é necessário para a formulação de planos eficazes de manejo que visem o uso sustentável a fim de garantir a integridade dos ecossistemas aquáticos, manter o recurso e assegurar o estoque natural para as próximas gerações (Thorbjarnarson et al., 1993; Caputo et al., 2005; Cantarelli, 2006; Waldez et al., 2013).

Neste trabalho investigamos a influência das variáveis ambientais dos sítios de nidificação selecionados pelas fêmeas sobre a probabilidade de perda dos ninhos, taxa de eclosão e razão sexual de filhotes de *P. unifilis* em dois anos consecutivos na Estação Ecológica Terra do Meio, rio Iriri, Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no rio Iriri, característico de águas claras com origem nos escudos arcaicos do Brasil central (Junk et al., 2011). O Iriri corresponde ao principal afluente da margem esquerda do rio Xingu, com sua nascente na serra do Cachimbo

(ICMBIO, 2010). Durante a estiagem, suas águas são transparentes a esverdeadas, mas na estação cheia estas inundam a floresta, formando igapós e transportando quantidades maiores de sedimentos (Sioli, 1985; Junk et al., 2011). O rio Iriri possui 900 km de extensão e 2 km de largura em média, e apresenta corredeiras ao longo de praticamente todo o seu curso, permitindo a navegação de apenas pequenas embarcações durante o período em que as águas estão mais baixas, entre junho e dezembro (ICMBIO, 2010).

Sua vegetação é composta majoritariamente por floresta ombrófila aberta mista, ligada aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (média 25°) e caracterizada por grandes árvores espaçadas com agrupamentos de palmeiras (MPEG, 2008; ICMBIO, 2010). São consideradas florestas semi-estacionais, devido ao déficit hídrico nos meses de outubro e novembro (Salomão et al., 2007; MPEG, 2008; ICMBIO, 2010). Está presente, também, na região a floresta ombrófila aluvial ou floresta inundável de igapó, que corresponde a áreas inundáveis próximas à terra firme e são alagadas sazonalmente (Salomão et al., 2007; MPEG, 2008).

A pesquisa de campo foi realizada durante os ciclos reprodutivos de 2012 e 2013 no interior da Estação Ecológica Terra do Meio (EETM), uma área cercada por outras Unidades de Conservação federais e estaduais, além de Terras Indígenas (ICMBIO, 2011) (Figura 1).

Delineamento amostral

Um trecho aproximado de 190 km na área de estudo foi percorrido para encontro e monitoramento de ninhos durante duas campanhas anuais nos meses de agosto (desova) e outubro (eclosão) em 2012 e 2013. A procura por ninhos foi realizada nas primeiras horas da manhã e contou com o auxílio de moradores locais. A data de postura dos ovos foi registrada com base em evidências como presença de rastros e o aspecto dos ovos (Pezzuti, 1998). Os ninhos foram marcados com estacas e sua localização foi registrada com auxílio de GPS (Garmin). No momento de encontro dos ninhos, foram mensuradas as variáveis distância e altura do ninho em relação à água, cobertura vegetal, inclinação, e profundidade inicial e final do ninho. Uma amostra de aproximadamente 200g de substrato que cobre o ninho foi coletada para análise granulométrica.

A altura dos ninhos em relação à água foi medida com auxílio de mangueira preenchida com água e trenas conforme Pantoja-Lima et al. (2009). A inclinação foi registrada com o auxílio de um inclinômetro (Starret), a distância em relação à água foi

medida linearmente até o local mais próximo com trena de 50 m, e a cobertura vegetal foi estimada com a utilização de esferodensímetro modelo C (Lemmon, 1956). Este procedimento foi realizado no Laboratório de Geologia da Universidade Federal do Pará (UFPA). A profundidade inicial do ninho correspondeu à medida do topo do ninho ao primeiro ovo, e a profundidade final, do topo do ninho à base da câmara de ovos, sendo que ambas as medidas foram realizadas utilizando-se uma régua milimetrada (Félix-Silva, 2004). O sedimento foi coletado em 43 ninhos e classificado em fração granulométrica através do sistema de peneiras proposto por Folk (1974).

As perdas completas e parciais de ninhos foram registradas em todas as campanhas. A predação por animais foi identificada através de rastros deixados pelos predadores, pela presença e distribuição das cascas de ovos consumidos nas proximidades do ninho, e por características de escavação observadas na superfície dos ninhos. Nestas observações, contamos com a ajuda de moradores locais experientes. Uma parcela dos ninhos encontrados durante as desovas ($N = 30$) não foi manipulada para comparação da perda de ninho e taxa de eclosão dos ovos com os ninhos manipulados. Nas campanhas realizadas durante o período de eclosão (outubro), os filhotes e ovos não eclodidos foram contabilizados e a taxa de eclosão de cada ninho calculada como a razão entre o número de filhotes vivos e o número total de ovos. Para cálculo da razão sexual, em 2012 foram mortos cinco filhotes aleatoriamente selecionados de 43 ninhos para análise da morfologia externa das gônadas, conforme descrito em Malvasio et al. (2012). Estes foram preservados em álcool 70% e armazenados no Laboratório de Ecologia Aquática e Pesca na UFPA para análise em lupa.

Análise de dados

A relação entre taxa de eclosão e altura do ninho, distância da água, cobertura vegetal, inclinação do ninho, profundidade inicial, profundidade final, período de incubação e granulometria foi testada através de Modelos Lineares Generalizados (GLM) (Nelder e Baker, 1972; McCulloch, 2000), o qual pode ser aplicado para diferentes famílias de distribuição e possui alta eficiência quanto à estimativa de parâmetros (O'hara e Kotze, 2010). As proporções de cada fração granulométrica das amostras foram ordenadas em uma Análise de Componentes Principais (PCA) e o score do primeiro eixo foi utilizado na análise de GLM. O primeiro eixo representou 42.2% da variância dos dados, sendo os maiores valores associados à areia média e os menores

associados à areia muito grossa. Para comparar a taxa de eclosão entre anos, foi utilizada uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) (Anderson, 2001; Anderson et al., 2008) com distância de Bray-Curtis.

A mortalidade dos ovos foi feita a partir da contagem dos ovos em ninhos parcialmente e completamente perdidos e foi analisada através de GLM, considerando a proporção de ovos em cada categoria de perda como a variável resposta, e os fatores ambientais como as variáveis preditoras. Para avaliar se houve diferença nas perdas de ninhos e mortalidade de ovos entre anos foi empregado o teste de Qui-quadrado a partir da frequência de ninhos em cada categoria de causa de perda e mortalidade (Kolbe e Janzen, 2002).

Para avaliar se os ninhos manipulados e não manipulados diferiram quanto à taxa de eclosão, foi utilizada a PERMANOVA, utilizando distância de Bray-Curtis. A variável categórica foi definida por ninhos manipulados e não manipulados, e a variável contínua pela taxa de eclosão dos ninhos nas duas categorias. Além disso, a razão sexual dos filhotes coletados foi expressa pela razão entre o número de machos e o número de filhotes amostrados em cada ninho (Pignati et al., 2013).

RESULTADOS

Foram encontrados 121 ninhos nas praias da região da EETM, sendo 64 em 2012 e 57 em 2013. O período de incubação médio foi de 66.70, em 2012, a postura iniciou no dia 14 e terminou no dia 29 do mês de agosto, e a eclosão iniciou dia 20 e terminou em 31 de outubro, com a média de 63.75 dias de incubação. Em 2013, a postura começou no dia 13 com o término dia 26 de agosto, e a eclosão dia 29 de outubro, finalizando dia 01 de novembro, com média de 69.92 dias de incubação. A taxa média de eclosão dos ovos foi de 0.76 e foi influenciada positivamente pela profundidade final dos ninhos ($t= 2.57$, $p<0.05$) (Tabela 1, Figura 2). Entre os anos amostrados, não houve diferença nas taxas de eclosão (pseudo-F= 1.06, $p> 0.05$), sendo a média em 2012 de 0.76 ($n=64$) e em 2013 de 0.73 ($n=57$).

Foi contabilizado um total de 1779 ovos, com os ninhos apresentando, em média, 16.94 ± 3.91 (9-27) ovos. Entre os ovos não eclodidos, em 1.51% ($n=27$) foram observadas larvas de moscas da família Sarcophagidae (Tabela 2), com tendência para ninhos menos profundos ($t= -3.02$, $p< 0.05$) (Figura 3, Tabela 3). Ainda, a frequência dos ovos que apodreceram (6.40%, $n= 114$) também esteve relacionada a ninhos com

menor profundidade ($t = -2.13$, $p < 0.05$) (Figura 4), e corresponderam a 10% dos ovos observados em 2013. Ovos que não completaram o desenvolvimento (3.54%, $n = 63$), e com causa da morte não identificada (2.86%, $n = 51$) não estiveram relacionados aos fatores ambientais (Tabela 3). As categorias de predação por animais (2.24%, $n = 40$), predação por humanos (3.09%, $n = 55$) e fungos (0.11%, $n = 2$) não puderam ser representadas nas análises devido à presença em poucos ninhos (Tabela 2). Houve diferença nas causas de mortalidade dos ovos entre 2012 e 2013 ($X^2 = 92.89$, $df = 6$, $p < 0.05$), sendo a falta de desenvolvimento a mais frequente em 2012 e apodrecimento a mais frequente em 2013.

A taxa de eclosão entre ninhos manipulados e não manipulados apresentou diferença significativa (pseudo- $F = 2.52$, $p < 0.05$), sendo 0.92 a média de eclosão destes (Figura 5). No entanto, a variância dos dados de ninhos não manipulados (0.05) foi menor do que a dos ninhos manipulados (0.09). Quanto à razão sexual, foi determinado o sexo de 197 filhotes, pertencentes a 43 ninhos, os quais foram 100% de fêmeas.

DISCUSSÃO

No nosso estudo, ninhos com maior profundidade obtiveram maiores taxas de eclosão, provavelmente devido às altas temperaturas do sítio de nidificação ocasionadas pelo longo e intenso verão na região. Ninhos mais rasos estão sujeitos a temperaturas médias mais elevadas, além de oscilações durante o período de incubação (Paez e Bock, 1998; Merwe et al., 2006), o que pode estimular o desenvolvimento dos embriões (Souza e Vogt, 1994; Paez et al., 2009; Ferreira Junior, 2009a), como também submeter a ninhada a temperaturas fatais (Wilson, 1998; Ferreira Junior e Castro, 2010). Em consequência, os ninhos de *Podocnemis unifilis* também foram frequentemente encontrados associados a rochas e vegetação, sendo provavelmente um mecanismo para reduzir a temperatura no interior da câmara de ovos (Alho e Pádua, 1982; Wilson, 1998). No trabalho realizado por Baeta (2014) no rio Xingu em um trecho próximo ao rio Iriri, ninhos menos sombreados e mais altos tiveram maiores taxas de eclosão. Além disso, o trabalho de Carneiro (2012) no Tabuleiro do Embaubal demonstrou que a taxa de eclosão de *P. expansa* foi maior em ninhos mais profundos durante o ano mais quente do período de monitoramento. Ainda, as praias do rio Iriri dispõem de grande quantidade de grânulos grossos (MPEG, 2008), o que também provavelmente elevou a temperatura dentro dos ninhos. Nos trabalhos de Pignati et al. (2013a) e Baeta (2014), a

granulometria grossa esteve associada a baixas taxas de eclosão de filhotes de *P. unifilis*. Sendo assim, ninhos mais profundos proporcionam um ambiente mais estável e com temperaturas mais amenas, reduzindo a mortalidade durante verões mais rigorosos (Merwe et al., 2006; Carneiro, 2012). Esse padrão difere do encontrado para as espécies do gênero *Podocnemis* ao longo de sua área de distribuição na bacia do rio Amazonas, os quais apresentam uma maior taxa de eclosão sob temperaturas de incubação mais altas (Souza e Vogt 1994; Paez e Bock 1998; Paez et al., 2009; Correa et al., 2010). Por conseguinte, nossos resultados demonstram que ninhos mais rasos estão sujeitos a maior mortalidade devido às características climáticas na região do rio Iriri, evidenciando a utilização de estratégias adaptativas distintas de acordo com as características ambientais de cada localidade (Merwe et al., 2006; Bermudez-Romero et al., 2015).

Os ninhos mais rasos estiveram associados à presença de larvas de Sarcophagidae e ao apodrecimento de ovos. As moscas da família Sarcophagidae são consideradas saprófagas e necrófagas, sendo importantes na definição do intervalo pós-morte no âmbito das ciências forenses (Bitar et al, 2013). As larvas são depositadas sob a superfície do sedimento e são atraídas pelos odores químicos liberados por carcaças, as quais constituem um recurso de alto valor nutricional utilizado principalmente para oviposição e desenvolvimento das larvas (Martínez-Sanches et al., 2000; McGowan et al., 2001a). As larvas são mencionadas em diversos trabalhos, geralmente relacionadas com a mortalidade de ovos de *Podocnemis spp.* (Pezzuti e Vogt, 1999; Fachin-Terán e VonMulhen, 2003; Pantoja-Lima et al. 2009; Salera Junior et al., 2009; Correa et al., 2010). No rio Xingu, Baeta (2014) relata a presença de larvas consumindo filhotes mortos nos ninhos de *P. unifilis*. McGowan et al. (2001a) observaram que a espécie *Sarcotachina aegyptiaca*, que pertence à família Sarcophagidae, foi a mais encontrada em infestações de ninhos de *Caretta caretta* e *Chelonia mydas*. Sendo assim, ninhos menos profundos estiveram mais vulneráveis devido a percepção mais rápida dos compostos químicos liberados por tecidos em decomposição e menor comprimento da coluna de areia que separa a superfície do substrato e a câmara de ovos (McGowan et al., 2001b). Aparentemente, a presença das larvas de mosca estaria associada à presença de ovos podres, devido ao estado de decomposição dos mesmos, apesar de alguns trabalhos relatarem as mesmas se alimentando de filhotes totalmente desenvolvidos (Salera Junior et al., 2009; Correa et al., 2010), o que pode indicar um hábito predador oportunista (Hall e Parmenter, 2006).

A mortalidade dos ovos está altamente relacionada com o microclima do local de desova, que por sua vez é fortemente influenciado pelo tipo de sedimento (Bermudez-Romero et al., 2015). A presença de grânulos mais finos permite a circulação de oxigênio, temperaturas constantes e ao mesmo tempo garante a umidade do ambiente de incubação (Packard et al., 1987; Trullas e Paladino, 2007). Portanto, além da forte estiagem observada nos anos amostrados, câmaras de postura mais rasas em conjunto com o substrato composto por grânulos mais grossos no rio Iriri, possivelmente acarretam uma maior temperatura média de incubação, ultrapassando a tolerância térmica dos embriões e resultando no apodrecimento dos ovos antes da eclosão (Souza e Vogt, 1994; Kolbe e Janzen, 2001; Trullas e Paladino, 2007; Carneiro, 2012). A presença de fungos na superfície dos ovos também pode estar relacionada ao apodrecimento, pois impede trocas gasosas e a absorção de cálcio (Pantoja-Lima et al., 2009; Correa et al., 2011). Os mesmos foram observados em uma pequena quantidade de ovos neste estudo.

A predação por animais ocorreu em poucos ninhos, sendo que apenas um ninho foi predado completamente pelo gavião-de-aruaá (*Rostrhamus sociabilis*). Aves são predadoras tanto de filhotes quanto de ovos (Thorbjarnarson et al., 1993, Pignati et al., 2013a), conseguindo encontrar ninhos velhos e novos nas praias de desova (Ferreira Junior e Castro, 2010). Salera Junior et al. (2009) identificou o urubu (*Coragyps atratus* e *Cathartes aura*), o carcará (*Polyborus plancus*) e o jaburu (*Jabiru mycteria*) como as aves que consomem filhotes e embriões de *P. expansa* e *P. unifilis* no rio Araguaia. Além disso, houveram ninhos parcialmente predados, provavelmente relacionados à susceptibilidade de predadores ectotérmicos às altas temperaturas ambientais (Escalona e Fa, 1998; Pantoja lima et al., 2009; Pignati et al., 2013a), como os lagartos do gênero *Tupinambis sp.*, considerados os predadores mais importantes dos quelônios da família Podocnemididae (Alho e Pádua, 1982; Escalona e Fa, 1998; Haller e Rodrigues, 2006; Pantoja-Lima et al., 2009; Salera Junior et al., 2009; Correa et al., 2011; Carneiro, 2012; Baeta, 2014).

Assim como a predação por animais, a predação por humanos também não afetou grande quantidade de ninhos. Na Amazônia, a coleta de ovos por humanos é considerada uma atividade secular e de caráter cultural e, ainda hoje, os quelônios constituem uma importante fonte de alimento e recurso comercial na região (Pantoja-Lima et al., 2014). Diferente dos nossos resultados, Escalona e Fa (1998) observaram uma perda de 80% dos ninhos na Venezuela, assim como Arraes e Tavares-Dias (2014)

que registraram 75% de ninhos perdidos devido a coleta por humanos próximo a comunidades ribeirinhas no rio Araguari. Pezzuti e Vogt (1999) registraram níveis de coleta chegando a 100% em praias não-protegidas em Mamirauá. Essa atividade é relatada ainda em diversas localidades ao longo da Amazônia (Mittermeier, 1978; Smith, 1979; Johns, 1987; Thobjanarson et al 1993; Rebelo e Pezzuti, 2000; Fachin Teran e Von Mulhen, 2003; Batistella e Vogt, 2008; Waldez et al., 2013; Pignati et al., 2013a). Sendo assim, nosso resultado provavelmente se deve à baixa densidade humana no local, visto que não houve proteção efetiva nas áreas monitoradas. Além da predação humana, outra causa de perda de ninhos muito frequente na região amazônica é o alagamento dos ninhos.

A perda de ovos por alagamento não foi observada na nossa área de estudo, o que difere da maioria das áreas de desova na Amazônia (Escalona e Fa, 1997; Paez e Bock, 1998; Pezzuti e Vogt, 1999; Fachin Teran e Von Mulhen, 2003; Batistella e Vogt, 2008; Pantoja-Lima et al. 2009; Carvalho Junior et al., 2011; Pignati et al., 2013a), provavelmente devido ao verão acentuado referente às florestas ombrófilas abertas mistas (MPEG, 2008), e ao acentuado padrão de estiagem que predomina na bacia de drenagem do Iriri, situada em ambiente de ecótono entre a Amazônia e o Cerrado. Baeta (2014), no monitoramento reprodutivo no rio Xingu, verificou a perda por alagamento apenas próximo ao rio Bacajá, mas não no trecho do baixo rio Iriri. No trabalho de Caputo et al. (2005), 63% dos ninhos foram alagados no rio Aguarico. Alho e Pádua (1982), no Rio Trombetas, registraram uma perda de 95% em ninhos de *P. expansa* devido ao alagamento. Atualmente, no mesmo rio, foi verificada uma diminuição no número de dias em que os sítios de desova ficam expostos durante a seca, estimando-se um declínio de 15 dias por década (Eisemberg et al., 2016). Desse modo, frente às alterações ambientais e variações geográficas, se torna imprescindível uma ampliação e a integração do monitoramento do sucesso reprodutivo do tracajá ao longo da área de ocorrência da espécie, uma vez que os efeitos dessas mudanças podem afetar de formas distintas os animais e regiões em que residem (Refsnider e Janzen, 2012).

A taxa de eclosão entre ninhos manipulados e não manipulados diferenciou no nosso trabalho, o que não corrobora com o observado por Malvasio et al. (2005), que não constatou diferença significativa na taxa de eclosão entre os dois grupos de ninhos de *Podocnemis unifilis*. A diferença ocorreu provavelmente por efeito da exposição momentânea a condições externas, ou à rotação e medição dos ovos após alguns dias posteriormente à postura, o que pode aumentar consideravelmente a mortalidade dos

embriões (Alho e Pádua, 1985; Valenzuela et al., 1997), assim como também causar anormalidades na morfologia dos filhotes (Malvasio et al., 2005).

O microambiente não interfere apenas no período de incubação e na taxa de eclosão, mas também no sexo dos filhotes (Paez et al, 2009). A proporção sexual no rio Iriri foi totalmente desviada pra fêmeas, possivelmente devido às temperaturas elevadas, que deve ter sido o fator responsável pela morte de muitos embriões. A relação positiva entre a profundidade e a taxa de eclosão, assim como a maior quantidade de ovos apodrecidos em ninhos superficiais, também vão ao encontro desta explicação. Ninhos mais rasos e com grânulos mais grossos enfrentam altas temperaturas e variações das mesmas, produzindo mais fêmeas (Souza e Vogt, 1994). Entretanto, as mudanças climáticas podem causar a feminização da população devido ao aumento das temperaturas médias nos sítios de desova (Patino-Martinez et al., 2011). No mar do caribe, Patino-Martinez et al. (2011) sugerem o sombreamento de ninhos de *Dermochelys coriacea* para evitar o total desvio da razão sexual para o sexo feminino no futuro e a conservação de ninhos encontrados em áreas sombreadas, os quais teoricamente produzirão mais indivíduos machos. Porém, Pignati et al. (2013a) observou 71.7% de ninhos de *P. unifilis* compostos apenas por machos em 2009 no baixo rio Amazonas. Portanto, é evidente a interação entre fatores químicos, biológicos e físicos na definição do microambiente dos ninhos, demonstrando a necessidade de variação nas estratégias conservacionistas de acordo com a região de interesse (Merwe et al., 2006). Contudo, o clima, a dinâmica fluvial e a predação também são fatores que variam em diferentes escalas, tanto espaciais quanto temporais, e podem interferir na manutenção dos estoques naturais das espécies de quelônios, requerendo assim, planos de conservação mais elaborados que envolvam pesquisas ecológicas junto a comunidades tradicionais locais e durante longos períodos em anos consecutivos, visando a prevenção do declínio populacional e uso sustentável desse importante recurso natural para as gerações futuras (Caputo et al., 2005; Miorando et al., 2013).

O presente estudo deixa evidente que o monitoramento contínuo, ampliado e integrado da reprodução de *P. unifilis* é crucial para a compreensão de como as variáveis ambientais influenciam o sucesso reprodutivo ao longo de sua área de ocorrência, uma vez que os resultados evidenciam um padrão ambiental distinto da maioria dos trabalhos realizados na região amazônica. O monitoramento a longo prazo e a compreensão dos fatores que influenciam a sobrevivência dos indivíduos dessas espécies são fundamentais frente às alterações ambientais antrópicas, como o

desmatamento em larga escala que pode alterar ciclo hidrológico devido a interferência no ciclo pluvial regional (Fearnside et al., 2007), e também mudanças climáticas globais que podem causar o aumento da temperatura e elevação do nível dos oceanos, assim como acarretar mudanças imprevisíveis aos ecossistemas e padrões ambientais quais os quelônios são fortemente dependentes (Harley et al., 2006; Fuentes et al., 2010; Eisemberg et al., 2016). Dessa forma, o entendimento da ecologia reprodutiva da espécie é essencial para a concepção de estratégias de conservação e manejo específicas, visando a prevenção das possíveis consequências dessas ameaças sobre a população natural de quelônios (Fuentes et al. 2010; Patino-Martinez et al. 2011; Eisemberg et al. 2016).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alho, C.J.R. & Pádua, L.F.M. (1982). Reproductive parameters and nesting behavior of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae) in Brazil. *Can. J. Zool.* **60**, 97–103.

Amiel, J.J., Lindström, T. & Shine, R. (2014). Egg incubation effects generate positive correlations between size, speed and learning ability in young lizards. *Anim. Cogn.* **17**, 337–347.

Angilletta Jr, M.J., Steury, T.D. & Sears, M.W. (2004). Temperature , Growth Rate , and Body Size in Ectotherms : Fitting Pieces of a. *Integr. Comp. Biol.* **44**, 498–509.

Arraes, D.R. dos S. & Tavares-Dias, M. (2014). Nesting and neonates of the yellow-spotted river turtle (*Podocnemis unifilis*, Podocnemididae) in the Araguari River basin, eastern Amazon, Brazil. *Acta Amaz.* **44**, 387–392.

Baeta, A.P. (2013). Sucesso Reprodutivo do Tracajá (*Podocnemis unifilis*) (Testudines, Podocnemididae) no Médio e Baixo Rio Xingu, Pará, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará.

Batistella, A.M. & Vogt, R.C. (2008). Nesting ecology of *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) of the rio Negro, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* **7**, 12–20.

Bower, D.S., Hodges, K.M. & Georges, A. (2013). Salinity of incubation media influences embryonic development of a freshwater turtle. *J. Comp. Physiol. B Biochem. Syst. Environ. Physiol.* **183**, 235–241.

Bull, J.J. & Vogt, R.C. (1979). Temperature-dependent sex determination in turtles. *Science* (80-.). **206**, 1186–1188.

Bull, J.J., Vogt, R.C. & McCoy, C.J. (1982). Sex Determining Temperatures in Turtles : A Geographic Comparison. *Evolution* (N. Y). **36**, 326–332.

Cantarelli, V.H. (2006). Alometria reprodutiva da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*): bases biológicas para o manejo 126.

Caputo, F.P., Canestrelli, D. & Boitani, L. (2005). Conserving the terecay (*Podocnemis unifilis*, Testudines: Podocnemididae) through a community-based sustainable harvest of its eggs. *Biol. Conserv.* **126**, 84–92.

Carneiro, C.C. (2012). Influência do Ambiente de Nidificação sobre a Taxa de Eclosão, a Duração da Incubação e a Determinação Sexual em Podocnemis (Reptilia, Podocnemididae) no Tabuleiro do Embaubal Rio Xingu, Pará. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará.

Carvajal, P., Miranda, G. & Wallace, R. (2011). Parámetros reproductivos de Podocnemis unifilis en el Río Beni , Bolivia Reproductive parameters of Podocnemis unifilis in the Beni River , Bolivia. *Rev. Boliv. Ecol. y Conserv. Ambient.* **29**, 23–32.

Carvalho Jr., E.A.R., Pezzuti, J.C.B. & Maranhao, M.B. (2011). *Podocnemis erythrocephala* Nests in the Lower Tapajos River, Central Amazonia, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* **10**, 146–148.

Correa-H, J.C., Cano-Castaño, A.M., Páez, V.P. & Restrepo, A. (2010). Reproductive Ecology of the Magdalena River Turtle (*Podocnemis lewyana*) in the Mompos Depression, Colombia. *Chelonian Conserv. Biol.* **9**, 70–78.

Eisemberg, C.C., Machado Balestra, R.A., Famelli, S., Pereira, F.F., Diniz Bernardes, V.C. & Carl Vogt, R. (2016). Vulnerability of Giant South American Turtle (*Podocnemis expansa*) nesting habitat to climate-change-induced alterations to fluvial cycles. *Trop. Conserv. Sci.* **9**, 1–12.

Escalona, T. & Fa, J.E. (1998). Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare-Tawadu rivers, Venezuela. *J. Zool. London* **244**, 303–312.

Fachín-Terán, A. & Vogt, R.C. (2004). Estrutura populacional, tamanho e razão sexual de *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no rio Guaporé (RO), norte do Brasil. *Phyllomedusa* **3**, 29–42.

Fachín Terán, A. & von Mülhen, E.M. (2003). Reproducción De La Taricaya *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines: Podocnemididae) En La Várzea Del

Medio Solimões, Amazonas, Brasil. *Ecol. Apl.* **2**, 263–264.

Félix-Silva, D. (2004). Ecologia Reprodutiva de Cabeçudo (*Peltocephalus dumerilianus*) Testudines: Pelomedusidae no Parque Nacional do Jaú, Amazonas-Brasil. Dissertação de Mestrado, *Univ. do estado do Rio Janeiro*.

Ferreira Júnior, P.D. (2009). Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. *Acta Amaz.* **39**, 139–154.

Ferreira Júnior, P.D., Castro, A.Z. & Castro, P.T. a. (2007). the Importance of Nidification Environment in the *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* Phenotypes (Testudines: Podocnemididae). *South Am. J. Herpetol.* **2**, 39–46.

Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P. de T.A. (2003). Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in Rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amaz.* **33**, 445–468.

Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P. de T.A. (2006). Thermal environment characteristics of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting Areas on the Javaés river, Tocantins, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* **5**, 102–107.

Ferreira Júnior, P.D. & Castro, P. de T.A. (2010). Nesting ecology of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae) in the Javaés River, Brazil. *Brazilian J. Biol.* **70**, 85–94.

Foote, R.W. (1978). Nesting of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Pelomedusidae) in the Colombian Amazon. *Herpetologica* **34**, 333–339.

Fuentes, M.M.P.B., Limpus, C.J. & Hamann, M. (2011). Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. *Glob. Chang. Biol.* **17**, 140–153.

Gaillard, J., Hebblewhite, M., Loison, A., Fuller, M., Powell, R., Basille, M., Moorter, B. Van, Gaillard, J., Hebblewhite, M., Loison, A., Fuller, M., Powell, R., Basille, M. & Moorter, B. Van. (2010). Habitat – performance relationships : finding the right metric at a given spatial scale. *Philos. Trans. R. Soc.* **365**, 2255–2265.

Gomes, A.S. & Ferreira Júnior, P.D. (2011). Management and relocation of nests of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Testudines, Podocnemididae) on the Crixás-Açu River, Brazil. *Brazilian J. Biol.* **71**, 975–982.

Janzen, F.J. (1994). Vegetational Cover Predicts the Sex Ratio of Hatchling Turtles in Natural Nests. *Ecology* **75**, 1593–1599.

Johns, A.D. (1987). Continuing Problems for Amazon River Turtles. *Oryx* **21**.

Junior, P. dias F. (2009). Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas. *Acta Amaz.* **39**, 319–334.

- Junk, W.J. (1989). The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems.
- Junk, W.J., Teresa, M., Piedade, F., Schöngart, J., Cohn-haft, M., Adeney, J.M. & Wittmann, F. (2011). A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands* **31**, 623–640.
- Kolbe, J.J. & Janzen, F.J. (2001). The influence of propagule size and maternal nest-site selection on survival and behaviour of neonate turtles. *Funct. Ecol.* **15**, 772–781.
- Kolbe, J.J. & Janzen, F.J. (2002). Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. *Ecology* **83**, 269–281.
- Lovich, J.E., Znari, M., Baamrane, M.A.A., Naimi, M. & Mostalih, A. (2010). Biphase Geographic Variation in Sexual Size Dimorphism of Turtle (*Mauremys leprosa*) Populations Along an Environmental Gradient in Morocco. *Chelonian Conserv. Biol.* **9**, 45–53.
- Merchant-Larios, H., Fierro, I.V. & Urruiza, B.C. (1989). Gonadal Morphogenesis under Controlled Temperature in the Sea Turtle *Lepidochelys olivacea*. *Herpetol. Monogr.* **3**, 43–61.
- Merchant-Larios, H., Ruiz-Ramirez, S., Moreno-Mendoza, N. & Marmolejo-Valencia, A. (1997). Correlation among thermosensitive period, estradiol response, and gonad differentiation in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **107**, 373–385.
- Mittermeier, R.A. (1978). South America's River Turtles : Saving Them by Use. *Oryx* **14**, 222–230.
- MPEG. (2008). Descrição E Análise Da Flora Da Região Do Médio-Baixo Rio Xingu.
- Packard, G.C., Packard, M.J., Miller, K. & Boardman, T.J. (1987). Influence of Moisture , Temperature , and Substrate on Snapping Turtle Eggs and Embryos. *Ecology* **68**, 983–993.
- Páez, V.P., Correa, J.C., Cano, A.M. & Bock, B.C. (2009). A Comparison of Maternal and Temperature Effects on Sex, Size, and Growth of Hatchlings of the Magdalena River Turtle (*Podocnemis lewyana*) Incubated under Field and Controlled Laboratory Conditions. *Copeia* **2009**, 698–704.
- Pantoja-Lima, J., Aride, P.H.R., de Oliveira, A.T., Félix-Silva, D., Pezzuti, J.C.B. & Rebêlo, G.H. (2014). Chain of commercialization of *Podocnemis* spp. turtles (Testudines: Podocnemididae) in the Purus River, Amazon basin, Brazil: current status

and perspectives. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* **10**, 8.

Pantoja-Lima, J., Pezzuti, J.C.B., Félix-Silva, D., Rebêlo, G.H., Monjeló, L.A.D.S. & Kemenes, A. (2009). Seleção de Locais de Desova e Sobrevivência de Ninhos de Quelônios *Podocnemis* no Baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* **1**.

Pezzuti, J.C.B. & Vogt, R.C. (1999). Nesting Ecology of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae) in the Japurá River, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conserv. Biol.* **3**, 419–424.

Pieau, C. & Dorizzi, M. (2004). Oestrogens and temperature-dependent sex determination in reptiles: All is in the gonads. *J. Endocrinol.* **181**, 367–377.

Pieau, C., Dorizzi, M. & Richard-Mercier, N. (1999). Temperature-dependent sex determination and gonadal differentiation in reptiles. *Cell. Mol. Life Sci.* **55**, 887–900.

Pignati, M.T., Fernandes, L.F., Miorando, P.S., Ferreira, P.D. & Pezzuti, J.C.B. (2013a). Effects of the Nesting Environment on Embryonic Development, Sex Ratio, and Hatching Success in *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in an Area of Várzea Floodplain on the Lower Amazon River in Brazil. *Copeia* **2013**, 303–311.

Pignati, M.T., Fernandes, L.F., Miorando, S., Ferreira, P.D., Carlos, J., Pezzuti, B. & Miorando, P.S. (2013b). Nesting Site and Hatching Success of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in a Floodplain Area in Lower Amazon River, Pará, Brazil. *Source South Am. J. Herpetol.* **8**, 175–185.

Plummer, M. V. (1976). Some aspects of Nesting Success in the Turtle, *Trionyx muticus*. *Herpetologica* **32**, 353–359.

Rebêlo, G. & Pezzuti, J. (2000). Percepções Sobre O Consumo De Quelônios Na Amazônia . Sustentabilidade E Alternativas Ao Manejo Atual. *Ambient. e Soc.* **6**, 85–105.

Reznick, D., Bryant, M.J. & Bashey, F. (2002). r- and K- selection revisited: The role of population regulation in life-history evolution. *Ecology* **83**, 1509–1520.

Ricklefs, R.E. & Wilkelski, M. (2002). The physiology/life history nexus. *Trends Ecol. Evol.* **17**, 462–469.

Rimblot, F., Fretey, J., Mrosovsky, N., Lescure, J. & Pieau, C. (1985). Sexual Differentiation as a Function of the Incubation Temperature of Eggs in the Sea-Turtle *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). *Amphibia-Reptilia* **6**, 83–92.

Salera Junior, G., Malvasio, A., Costa, T. & Portelinha, G. (2009). Avaliação da

Predação de *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis* (Testudines , Podocnemididae) no rio Javaés , Tocantins. *Acta Amaz.* **39**, 207–214.

Shine, R. (2005). Life-History Evolution in Reptiles. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **36**, 23–46.

Smith, N.J.H. (1979). Quelônios Aquáticos da Amazônia: um Recurso Ameaçado. *Acta Amaz.*

Soini, P. (1994). Ecología Reproductiva de la Taricaya (*Podocnemis unifilis*) en el río Pacaya, Perú. *Folia Amaz.* **7**, 220.

Soini, P. (1996). Ecología y manejo de quelonios acuáticos en la Amazonia Peruana. *Manejo fauna Silv. en la Amaz.*

Souza, R. & Vogt, R.C. (1994). Incubation Temperature Influences Sex and Hatchling Size in the Neotropical Turtle **28**, 453–464.

Spencer, R.-J. (2002). Experimentally Testing Nest Site Selection : Fitness Trade-Offs And Predation Risk In Turtles **83**, 2136–2144.

Spencer, R.J. & Thompson, M.B. (2003). The significance of predation in nest site selection of turtles: an experimental consideration of macro- and microhabitat preferences. *Oikos* **102**, 592–600.

Thorbjarnarson, J.B., Perez, N., Escalona, T., Herpetology, J., Sep, N. & River, C. (1993). Nesting of *Podocnemis unifilis* in the Capanaparo River , Venezuela Nesting of *Podocnemis unifilis* in the. *J. Herpetol.* **27**, 344–347.

Tracy, C.R., Packard, G.C. & Packard, M.J. (1978). Water Relations of Chelonian Eggs. *Physiol. Zool.* **51**, 378–387.

Valenzuela, N. (2001). Society for the Study of Amphibians and Reptiles Maternal Effects on Life-History Traits in the Amazonian Giant River Turtle *Podocnemis expansa*. *J. Herpetol.* **35**, 368–378.

Velasquez, J. d. L.O. & Vogt, R.C. (2011). Ciclo ovárico y jerarquía folicular de *Peltocephalus dumerilianus* (Testudines : Podocnemididae). *Acta Amaz.* **41**, 243–250.

Vogt, R.C. & Bull, J.J. (1982). Temperature Controlled Sex-Determination In Turtles : Ecological And Behavioral. *Herpetologica* **38**, 156–164.

Vogt, R.C. & Flores-villela, O. (1992). Effects of Incubation Temperature on Sex Determination in a Community of Neotropical Freshwater Turtles in Southern Mexico. *Herpetologica* **48**, 265–270.

Waldez, F., Gama e Adário, L., Marioni, B., Rossoni, F. & Erickson, J. (2013). Monitoramento Participativo da Caça de Quelônios (Podocnemididae) por

Comunitários Ribeirinhos no Baixo Rio Purus e Proteção de Sítios de Desova na RDS Piagaçu-Purus, Brasil. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* **5**, 4–23.

Zuffi, M.A.L. & Foschi, E. (2015). Reproductive patterns of European pond turtles differ between sites: a small scale scenario. *Amphibia-Reptilia* **36**, 339–349.

TABELAS

Tabela 1. Coeficientes de GLM para análise da influência das variáveis ambientais sobre a taxa de eclosão de filhotes de *P. unifilis* no rio Iriri, Pará. Valores significantes de p em negrito.

	Coeficientes	Erro padrão	t	p
Altura (m)	-0.03	0.03	-1.31	0.26
Distância da água (m)	0.01	0.01	1.04	0.30
Cobertura vegetal	-0.01	0.01	-0.40	0.68
Inclinação (°)	0.01	0.01	0.25	0.80
Profundidade inicial (cm)	0.05	0.03	1.61	0.11
Profundidade final (cm)	0.08	0.02	3.06	0.01
Incubação (dias)	-0.01	0.01	-0.15	0.87
Granulometria	>0.05	>0.05	-0.61	0.54

Tabela 2. Perda de ovos de *P. unifilis* por diferentes causas no rio Iriri nos anos de 2012 e 2013. Número (N) de ninhos que continham os ovos mortos, porcentagem (%) de ninhos que possuíam ovos mortos, N total de ovos de mortos, e % correspondente ao número de ovos perdidos em cada ano.

Tabela 3. Valores de P de Modelos Lineares Generalizados (GLM) representando a relação entre variáveis ambientais e causas de mortalidade de ovos de *P. unifilis* no rio Iriri, Pará.

	Altura (m)	Distância da água (m)	Cobertura vegetal	Inclinação (°)	Profundidade inicial (cm)	Profundidade final (cm)	Tempo de incubação (dias)	Granulometria
Larvas de Sarcophagidae	0.50	0.32	0.81	0.10	0.34	0.005	0.52	0.34
Podres	0.15	0.20	0.63	0.57	0.18	0.04	0.91	0.34
Sem desenvolvimento	0.42	0.08	0.54	0.73	0.17	0.26	0.79	0.28
Não identificado	0.62	0.05	0.80	0.69	0.09	0.31	0.70	0.08

FIGURAS

Figura 2. Relação entre taxa de eclosão e profundidade final de cada ninho encontrado nos anos de 2012 e 2013 no rio Iriri, Pará.

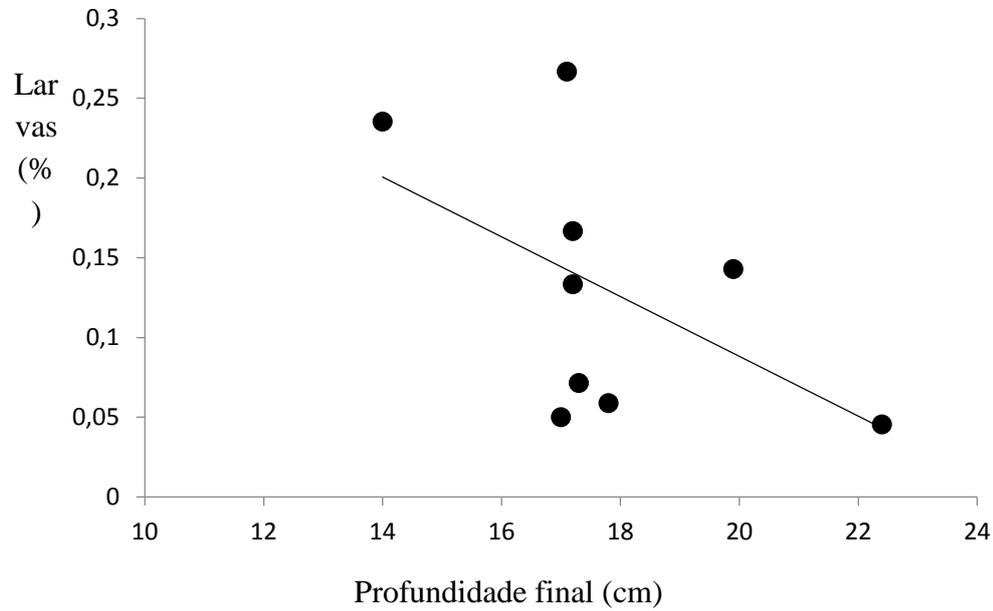


Figura 3. Relação entre a profundidade final dos ninhos e a proporção de ovos com larvas de Sarcophagidae por ninho de *P. unifilis* no rio Iriri, Pará.

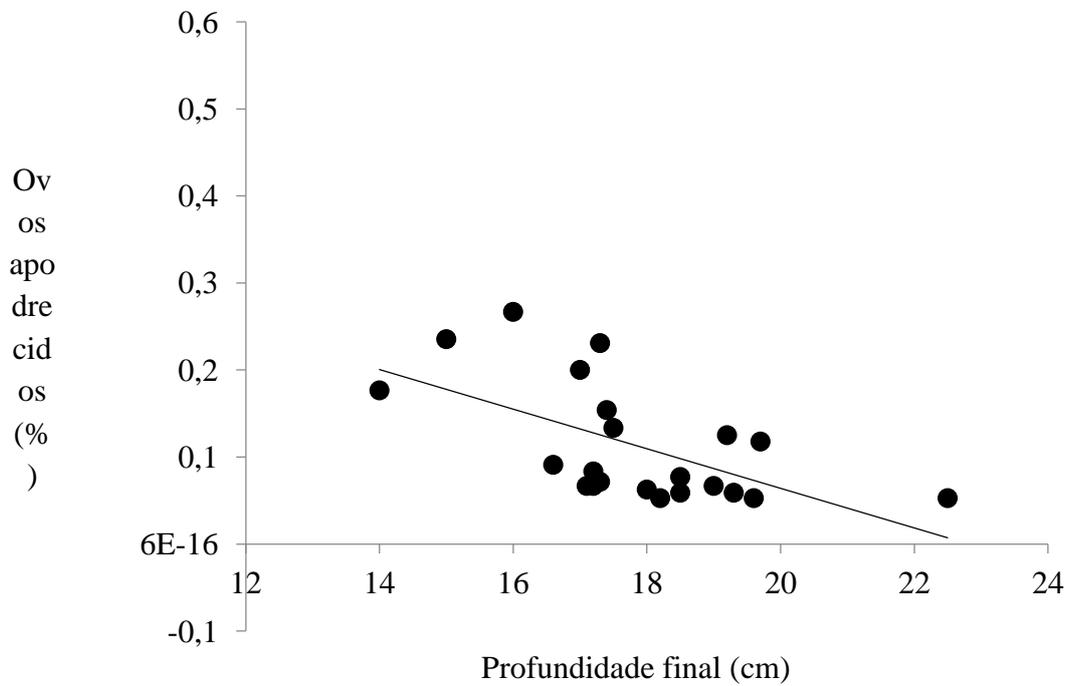


Figura 4. Proporção de ovos apodrecidos por ninho de *P. unifilis* e profundidade final dos ninhos no rio Iriri, Pará.

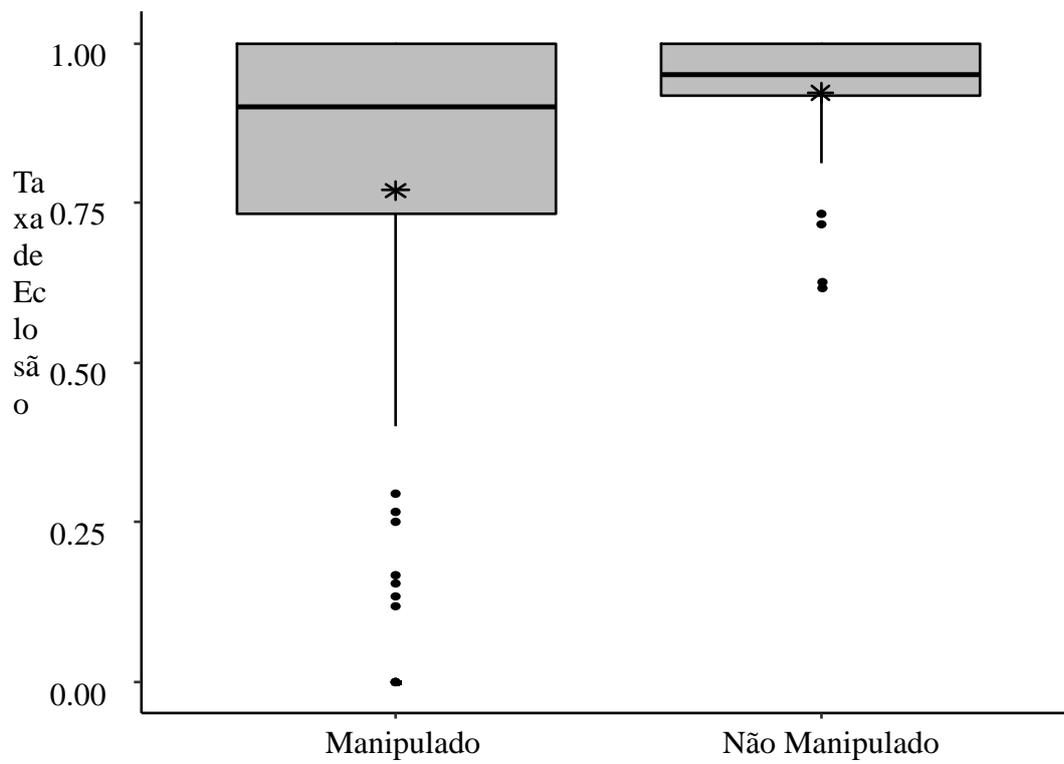


Figura 5. Taxas de eclosão de ninhos manipulados e não manipulados em 2012 e 2013 no rio Iriri, Pará. *Média.