

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA**  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Dinâmica populacional de *Podocnemis erythrocephala*,  
no rio Ayuanã, Amazonas, Brasil.

RAFAEL BERNHARD

Manaus - Amazonas  
Março de 2010

RAFAEL BERNHARD

Dinâmica populacional de *Podocnemis erythrocephala*,  
no rio Ayuanã, Amazonas, Brasil.

Orientador: Richard Carl Vogt

Fontes financiadoras: CNPq, FAPEAM

Tese apresentada ao  
Programa de Pós graduação  
do INPA como parte dos  
requisitos para obtenção do  
título de Doutor em Biologia  
(Ecologia).

Manaus, Amazonas  
Março de 2010

B527 Bernhard, Rafael  
Dinâmica populacional de *Podocnemis erythrocephala*, no rio Ayuanã, Amazonas, Brasil/ Rafael Bernhard.---  
Manaus : [s.n.], 2010.  
106 f. : il. color.

Tese (doutorado)-- INPA, Manaus, 2010  
Orientador : Richard Carl Vogt  
Área de concentração : Ecologia

1. *Podocnemis erythrocephala*. 2. Dinâmica populacional.  
3. Crescimento. 4. Ecologia de populações. I. Título.

CDD 19. ed. 597.92

#### **SINOPSE**

Crescimento, maturidade sexual, movimentação, abundância relativa, estrutura populacional, razão sexual e proporção de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* foram estudados durante cinco anos no rio Ayuanã, Amazonas, Brasil. Esta espécie é a menor no gênero. Suas fêmeas atingem a maturidade sexual com 218 mm de comprimento máximo retilíneo da carapaça e os machos com 161 mm. A população estudada possui mais fêmeas do que machos e 40% dos indivíduos são imaturos. Os métodos de amostragem e o nível da água influem sobre a razão sexual, proporção de juvenis e tamanho dos indivíduos. Os movimentos observados entre as recapturas indicam que se trata de uma espécie sem área de vida definida dentro do Ayuanã, podendo deslocar-se por mais de 27.000 m, saindo, inclusive, para a calha do rio Negro e para rios vizinhos.

#### **Palavras-chave:**

Crescimento, movimentação, estrutura populacional, dinâmica populacional, *Podocnemis erythrocephala*.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Richard C. Vogt pela orientação e amizade ao longo de 10 anos de estudos na Amazônia.

Ao pessoal da Coleção de Anfíbios e Répteis do INPA, pelo companheirismo e troca de idéias durante o doutorado: Camila, Fabiano, Jaime, Ladislau, Lucéia, Vinícius, Marcela, Márcia, Melina, Virgínia.

Aos doutores (as) Alex Bager, Carmen Díaz-Paniagua, Cláudia Keller, Francesco Paolo Caputo, Franco Leandro de Souza, Renato Cintra, Ronis da Silveira, Sidineia Aparecida Amadio, Vera Maria Ferreira da Silva pelas críticas construtivas e sugestões ao plano e à tese.

Aos meus assistentes de campo voluntários e às pessoas com as quais eu convivi no rio Ayuanã durante o trabalho de campo em Santa Isabel do Rio Negro: Arthur, Elis, Érica, Elizângela, Glauce Alice, Janaína, Joane, Larissa, Paulo (Palangu), Rayath, Rodrigo, Soledad, Tania.

Aos meus assistentes de campo da comunidade São João: Ademir, Caçari, Guilherme, Ramiro, Renato por terem tornado possível a pesquisa com irapucas no rio Ayuanã.

Aos moradores das comunidades São João, Monte Alegre, e Nazaré por terem permitido que o rio Ayuanã se tornasse um laboratório de pesquisas de quelônios e por terem sempre me recebido em suas comunidades.

A todos os piabeiros que eu encontrei no rio Ayuanã durante o trabalho de campo pelas boas conversas, pela hospitalidade e pelos seus acampamentos, muito utilizados pela nossa equipe como base de pesquisa.

À prefeitura de Santa Isabel do Rio Negro que, através de sua Secretaria Municipal do Meio Ambiente, não poupou esforços para receber bem a equipe de pesquisa e em seu município e pelo apoio logístico durante os cinco anos de estudo.

Ao Projeto Piabas e à FAPEAM, Edital Temático, por terem financiado este estudo.

Ao CNPq pela bolsa de doutorado.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia pelo suporte logístico aqui em Manaus, pela ótima estrutura de laboratórios e por ser o principal responsável pela minha longa estada na Amazônia por longos dez anos.

Ao Curso de Pós Graduação em Ecologia pela minha formação como ecólogo desde o mestrado até o doutorado.

Às coordenadoras do Curso de Pós Graduação em Ecologia, Cláudia Keller e Albertina Lima, por assumirem uma função importante para o curso, nem sempre muito almejada pelos pesquisadores do CPEC.

À Rayath, pelo apoio e paciência.

E principalmente aos meus pais, Rui e Suzana, primeiros orientadores, pela força e apoio em todas as decisões que eu tomei ao longo da minha vida, inclusive quando uma delas significou morar dez anos longe deles.

## RESUMO

A espécie *Podocnemis erythrocephala* habita rios e lagos de água preta e clara, distribuindo-se pelas bacias do Rio Negro, Tapajós e Trombetas, no Brasil, e ainda no extremo oriental da Colômbia e na maioria dos estados amazônicos da Venezuela. Como acontece com todas as espécies da família Podocnemididae, em maior ou menor intensidade, suas populações naturais têm sofrido com coleta de ovos e de indivíduos adultos para o consumo humano. Apesar de sua importância como fonte de alimento para as populações humanas onde quer que *P. erythrocephala* ocorra, não existem estudos sobre o tamanho de suas populações naturais nem programas de monitoramento. As informações existentes sobre o declínio das populações naturais de Podocnemididae ainda são raras, mas as espécies desta família precisam ser monitoradas utilizando-se métodos que mensurem o tamanho de populações adultas, a estrutura populacional de tamanhos e a razão sexual.

O objetivo deste estudo foi caracterizar aspectos da dinâmica populacional de *P. erythrocephala* no rio Ayuanã, médio Rio Negro, estado do Amazonas. O tamanho de maturidade sexual é importante para a determinação correta da razão sexual de uma população de quelônios. Foi realizado então um estudo de crescimento e maturidade sexual utilizando análise de gônadas, dimorfismo sexual externo, fêmeas grávidas, crescimento entre as recapturas e o modelo de von Bertalanffy ajustado por Fabens. O tamanho de maturidade sexual para machos e fêmeas foi 161 e 218 mm de comprimento máximo retilíneo da carapaça, respectivamente. Juvenis crescem mais rapidamente que indivíduos adultos e existe uma relação linear negativa entre a taxa de crescimento e o tamanho da carapaça de machos e

fêmeas. A idade estimada para a maturidade sexual de machos e fêmeas foi de nove anos, mas no caso dos machos este número deve ser visto com cautela.

Para caracterizar a estrutura populacional, razão sexual e proporção de juvenis, bem como analisar a abundância relativa de *P. erythrocephala* no rio Ayuanã foram marcados 4.111 indivíduos desde 2003 a 2008 em um trecho de 148,5 km do rio Ayuanã, em uma ilha na calha do Rio Negro e no rio Jurubaxi. Estes parâmetros populacionais diferiram entre os métodos de captura utilizados. As *trammel nets* foram mais eficientes do que o mergulho. O índice de captura utilizando *trammel nets* com malhas com distâncias entre nós de 18 e 21 cm foi maior do que com *trammel nets* com malhas medindo 11 cm de distância entre nós. A razão sexual corrigida para a população do rio Ayuanã foi de (0,41♂:1♀). A proporção de juvenis corrigida foi de 40% na população estudada. A taxa de recaptura sugere que apenas uma pequena parcela da população tenha sido capturada durante o estudo.

O estudo sobre o padrão de movimentação (aqui definido como a distância linear entre os pontos de captura) de *P. erythrocephala* indica que esta espécie dispersa-se ao longo de todo o rio Ayuanã sem possuir uma área fixa de vida. A distância linear percorrida pelas fêmeas foi maior do que a percorrida pelos machos. Foram observados movimentos com distâncias lineares maiores do que 27.000 m, inclusive do rio Ayuanã até um lago em uma ilha no meio do Rio Negro ou até o rio Jurubaxi, vizinho ao Ayuanã.

## ABSTRACT

*Podocnemis erythrocephala* is a species of turtle that inhabits black water rivers and lakes in the Rio Negro Basin and ventures into clear water habitats as well in the Tapajós and Trombetas rivers, in Brazil, as well as the extreme eastern tip of Colômbia and most of the states within the Venezuelan part of the Amazon Basin. As with all species in the family Podocnemididae their populations have suffered from the collection eggs and adults for human consumption. Even though this species is an important item in the food of the local population of river people where ever *P. erythrocephala* occurs, there are no studies documenting the natural size of these turtle populations nor monitoring programs. The existing information concerning the decline of natural populations of Podocnemididae are scarce, and not well studied, therefore the monitoring studies are needed for all of the species in this family utilizing methods that can measure the size of adult populations, size structure within populations, and sex ratios.

The objective of this study was to characterize aspects of the population dynamics of *P. erythrocephala* in the Ayuanã River, middle Rio Negro, Amazonas State. The size at reproductive maturity in a population of turtles is important to determine such that the adult sex ratio of the population can be calculated. For this reason it was necessary to study growth and sexual maturity using the gonads, external dimorphic features, gravid females, growth rates of individuals between captures, and the model of von Bertalanffy with Fabens adjustment. The size at sexual maturity in males and females was 161 and 218 mm in straight line maximum carapace length, respectively. Juveniles growth faster than adults and have a negative linear relationship between the growth rate and the carapace length in males and females.

Sexual maturity in both males and females was estimated to be nine years, however in the case of males this needs to be examined more extensively.

In order to characterize the population structure, sex ratio, and proportion of juveniles in the population, as well as relative abundance of *P. erythrocephala* in the Ayuanã River, I marked 4.111 individual turtles from 2003 to 2008 in a section of 148.5 km of the Ayuanã River, a small lake in an island in the channel of Rio Negro and the Jurubaxi River. These population parameters differ between the capture methods used. Trammel nets proved to be more efficient than free diving for turtles. The capture index between turtles caught in trammel nets with mesh size of 18 and 21 were greater than for trammel nets with the mesh size of 11 cm. The corrected sex ratio for the population in the Ayuanã River was (0,41♂:1♀). The proportion of juveniles was corrected to be 40% for the population studied. The frequency of recaptures suggests that only a small part of this population was captured during this study. The study concerning movement patterns (defined as the linear distance between the points of capture) of *P. erythrocephala* indicates that this species disperses along the entire Ayuanã River, without having a small fixed area of use. The linear distance moved by females was greater than that observed for males. The longest linear distances moved were greater than 27.000 m, including the movements between Ayuanã River and a lake in the middle of the Rio Negro or to the next river entering the Rio Negro, Jurubaxi River.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1. <i>Podocnemis erythrocephala</i> .....	5
1.2. Objetivo geral.....	9
1.2.1 Objetivos específicos.....	9
Artigo 1.	
Crescimento e maturidade sexual de <i>Podocnemis erythrocephala</i> (Testudines, Podocnemididae) no médio Rio Negro, Amazonas, Brasil.....	10
Introdução.....	12
Material e métodos.....	14
Resultados.....	17
Discussão.....	19
ARTIGO 2.	
Abundância, estrutura populacional e razão sexual de <i>Podocnemis erythrocephala</i> (Testudines, Podocnemididae) no rio Ayuanã, Amazonas, Brasil.....	33
Introdução.....	35
Material e métodos.....	37
Área de estudo.....	37
Métodos de amostragem.....	37
Pontos amostrados.....	38
Morfometria e marcação.....	39
Períodos de amostragem.....	39
Análises dos dados.....	39
Resultados.....	41
Discussão.....	44
ARTIGO 3.	
Padrão de movimentação de <i>Podocnemis erythrocephala</i> no rio Ayuanã, Amazonas, Brasil.....	60
Introdução.....	62
Material e métodos.....	63

Resultados.....	65
Discussão.....	67
CONCLUSÃO GERAL DA TESE.....	76
LITERATURA CITADA.....	78

## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUÇÃO

- Figura 1. Fêmea, macho e juvenil de *Podocnemis erythrocephala* ..... 6  
Figura 2. Distribuição geográfica de *Podocnemis erythrocephala* ..... 7

### Artigo I

- Figura 1. Nível da água do Rio Negro, valores mensais médios, desvio padrão e amplitude ..... 26  
Figura 2. Distribuição de tamanhos de fêmeas e machos de *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã entre 2003 e 2008 ..... 27  
Figura 3. Relação entre o comprimento da cauda e o comprimento máximo retilíneo da carapaça de *Podocnemis erythrocephala* ..... 28  
Figura 4. Relação linear entre a taxa o comprimento médio geométrico da carapaça e a taxa de crescimento exponencial de machos e fêmeas ..... 30  
Figura 5. Curva de crescimento estimada para machos e fêmeas de *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã ..... 32

### Artigo II

- Figura 1. Comparação da distribuição de tamanhos de *Podocnemis erythrocephala* capturadas por método de captura utilizado. .... 55  
Figura 2. Comparação da distribuição de tamanhos de *Podocnemis erythrocephala* capturadas no rio Ayuanã, Rio Negro e rio Jurubaxi ..... 56  
Figura 3. Razão sexual (macho:fêmea) e percentual de juvenis na população em nove em nove locais de coleta ao longo de um trecho de 148,5 km do rio Ayuanã.. 57  
Figura 4. Relação entre o índice de captura mensal e o nível da água do Rio Negro durante os quatorze meses de amostrados por TN11 e TN18 ..... 58  
Figura 5. Relação entre a razão sexual ( $\sigma:\text{♀}$ ) de cada mês e o nível da água médio na foz do rio Ayuanã ..... 59

### Artigo III

- Figura 1. Variação o nível da água do Rio Negro entre setembro de 2003 e março de 2008 durante as amostragens.. ..... 71

Figura 2. Mapa dos locais de coleta incluindo os rios (linha escura simples e dupla) e os locais amostrados (círculos cinzas) ao longo dos rios Ayuanã, Jurubaxi e Rio Negro.....	72
Figura 3. Percentual de recapturas de machos e fêmeas recapturados a uma distância inferior a 500 m lineares e superior a 3000 m da captura inicial por intervalo de tempo entre as capturas .....	74
Figura 4. Relação entre o número de dias transcorridos entre as capturas e a distância linear entre os pontos de captura para machos e fêmeas .....	75

## LISTA DE TABELAS

### Artigo I

- Tabela 1. Número de anéis de crescimento formados no escudo costal esquerdo de *Podocnemis erythrocephala*, intervalo de tempo (anos) entre as capturas e ocorrências de períodos de seca e cheia no rio Ayuanã ..... 29
- Tabela 2. Taxas médias de crescimento e ganho de peso com desvio padrão ( $\pm$ ) para *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã..... 31

### Artigo II

- Tabela 1. Períodos de amostragem, número de dias, estação e cota da água do Rio Negro (valores médios, desvio padrão e amplitude) durante o estudo de *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã. .... 50
- Tabela 2. Resumo das medidas morfométricas (mm) e do peso (g) de *Podocnemis erythrocephala* capturadas no rio Ayuanã..... 51
- Tabela 3. Comparação entre as medidas morfométricas e peso de machos e fêmeas adultos de *P. erythrocephala* através de ANCOVA tendo o comprimento máximo retilíneo da carapaça como covariável..... 52
- Tabela 4. Comparação entre o comprimento máximo retilíneo da carapaça de machos e fêmeas de *Podocnemis erythrocephala* capturados no rio Ayuanã, rio Jurubaxi e no Rio Negro ..... 53
- Tabela 5. Número de *Podocnemis erythrocephala* capturadas, razão sexual percentual de imaturos, número de recapturas, percentual de recapturas, número de capturas corrigidas supondo uma situação hipotética de um percentual de recapturas igual por sexo e razão sexual e percentual de imaturos resultantes deste ajuste ... 54

### Artigo III

- Tabela 1. Número de *Podocnemis erythrocephala* capturadas por intervalo de distância linear entre as capturas.. ..... 73

## INTRODUÇÃO GERAL

Os quelônios possuem como característica marcante que os distinguem dos outros répteis uma carapaça formada por ossificações dermais que incorporam costelas, vértebras e porções da cintura pélvica (Pough *et al.*, 1998). A carapaça confere aos quelônios um eficiente mecanismo de defesa além de ter moldado evolutivamente a sua história de vida por 300 milhões de anos, desde o Cretáceo (Turtle Conservation Fund, 2002). Atualmente a estratégia evolutiva dos quelônios é basicamente a mesma para todas as espécies: maturidade sexual tardia, uma grande mortalidade de juvenis, uma baixa mortalidade de indivíduos adultos e uma alta longevidade (Turtle Conservation Fund, 2002). Mas esta estratégia evolutiva tem tornado os quelônios vulneráveis, devido à combinação da deterioração do seu habitat pelas atividades humanas destrutivas e à captura intencional ou acidental (Klemens, 2000).

São reconhecidas atualmente 310 espécies e 136 subespécies de tartarugas-de-água-doce e terrestres no mundo, excluindo as sete espécies e três subespécies extintas (Rhodin *et al.* 2008). Destas, pelo menos 200 são listadas como ameaçadas pela Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas de 2000 da IUCN (Turtle Conservation Fund, 2002). Embora as outras 100 espécies estejam listadas como de menor preocupação ou como não avaliadas é provável que estejam em uma situação pior do que a mostrada pela classificação atual (Turtle Conservation Fund, 2002).

A interferência humana sobre populações de tartarugas de água-doce tem sido a principal causa do seu declínio, principalmente a alteração do habitat (incluindo o habitat de desova) (Bury e Germano, 2008; Cerdá-Ardura *et al.*, 2008; Congdon *et al.*, 2008; Das, 2008; Das e Bhupathy, 2008; Georges *et al.*, 2008; Leary *et al.*, 2008;

Rhodin *et al.*, 2008), atropelamento em rodovias ou por embarcações (Gibbs e Shriver, 2002; Steen e Gibbs, 2004; Congdon *et al.*, 2008; Leary *et al.*, 2008; Vogt *et al.*, 2009), poluição da água (Das e Bhupathy, 2008; Leary *et al.*, 2008), introdução de espécies (Spencer, 2001; Bury e Germano, 2008; Yasukawa *et al.*, 2008), construção de represas (Páez *et al.*, 2009), mineração de areia e a canalização dos rios (Moll e Moll, 2004; Dodd Jr., 2008; Gerlach, 2008a,b). O comércio de quelônios para alimentação, mascotes e medicina tradicional assume particular importância nesse quadro, pois afeta tanto indivíduos adultos como jovens e ovos. Por exemplo, nos Estados Unidos foram coletadas da natureza entre 25 e 30 mil tartarugas na década de 80 para consumo como alimento e foram importados anualmente pelo menos 30 mil tartarugas para o comércio de mascotes (Thorbjarnarson *et al.*, 2000). Embora o maior número de espécies de quelônios em situação crítica encontre-se na Oceania (Turtle Conservation Fund, 2002), o uso de cinco espécies de tartaruga de água-doce amazônicas brasileiras como alimento está reduzindo suas populações a níveis preocupantes. A captura de indivíduos adultos e a coleta de ovos para alimentação são os principais motivos para este declínio.

Informações quantitativas sobre o declínio das espécies amazônicas usadas para consumo humano são raras e relativamente recentes (Mittermeier, 1975; Klemens e Thorbjarnarson, 1995; Fachín-Terán *et al.*, 2000). Somente no mercado municipal de Tefé, estado do Amazonas, eram vendidos 300 indivíduos de *Podocnemis sextuberculata* a cada 8-10 dias, em 1994 (John Thorbjarnarson, comunicação pessoal), ou aproximadamente 12 mil indivíduos por ano (Klemens e Thorbjarnarson, 1995).

*Podocnemis expansa* é a espécie amazônica cujo declínio está melhor documentado. Moll e Moll (2004) fazem uma revisão da literatura existente sobre essa espécie e concluem que o número de *P. expansa* era gigantesco antes dos

seus ovos serem explorados comercialmente para a produção de óleo pelos colonizadores europeus. Um exemplo do grande número de tartarugas existentes na época e de sua utilização predatória é dado por Bates (1979). Ele estimou, baseado em observações realizadas entre 1848 e 1859, próximo ao município de Tefé, estado do Amazonas, que anualmente eram coletados ovos em quantidade correspondente à desova de 400 mil fêmeas desta espécie. Desde então o número de fêmeas reprodutivas diminuiu drasticamente. Fachín-Terán (2001) registrou apenas 42 e 37 desovas de *P. expansa* em 1999 e 2000, respectivamente, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, próxima à Tefé.

A maioria dos estudos realizados sobre populações naturais de *Podocnemis* refere-se à reprodução (Vanzolini, 1967, 1977, 2003; Vanzolini e Gomes, 1979; Foote, 1978; Alho e Pádua, 1982; Danni e Alho, 1985; Zwing e Young, 1990; Fachín-Terán, 1992, 1994; Souza e Vogt, 1994; Thorbjarnarson e Da Silveira, 1996; Escalona e Fa, 1998; Páez e Bock, 1998; Pezzuti e Vogt, 1999; Bernhard, 2001; Valenzuela, 2001; Malvasio *et al.*, 2002; Batistella e Vogt, 2008; Raeder, 2003; Castaño-Mora *et al.*, 2003; Fachín-Terán e Von Müllen, 2003; Ferreira-Jr e Castro, 2003, 2005, 2006a,b; Vogt, 2004a,b; Caputo *et al.*, 2005; Salera Junior, 2005; Haller e Rodrigues, 2005, 2006; Cantarelli, 2006; Novelle, 2006; Pearse *et al.*, 2006; Pignati, 2007; Bonach *et al.*, 2007; Ferreira-Jr *et al.*, 2007; Pantoja-Lima *et al.*, 2007; Salera Junior *et al.*, 2009), ao manejo (Raeder, 2003; Malvasio *et al.*, 2005; Jaffé *et al.*, 2008); à alimentação (Fachín-Terán *et al.*, 1995; Vogt, 2004a,b; Balensiefer e Vogt, 2006) e estudos a nível populacional (Fachín-Terán *et al.*, 2003; Pezzuti, 2003; Fachín-Terán e Vogt, 2004; Hernández e Espín, 2006; Galego-García e Castaño-Mora, 2008; Restrepo *et al.*, 2008).

As espécies do gênero *Podocnemis* possuem um padrão de movimentação sazonal, migrando das áreas de floresta alagada, onde ficam durante a cheia dos rios, para

os corpos d'água principais (rios, lagos, paranás, ressacas) durante a seca (Pritchard e Trebbau, 1984; Fachín-Terán *et al.*, 2003; Pezzuti, 2003; Vogt, 2004; Fachín-Terán e Vogt, 2004; Fachín-Terán *et al.*, 2006). Este comportamento influi na taxa de captura e, conseqüentemente, na estimativa do tamanho populacional em estudos que utilizam a abundância relativa (Fachín-Terán *et al.*, 2003; Fachín-Terán e Vogt, 2004).

Estimativas confiáveis de sobrevivência, crescimento e fecundidade são importantes para se entender a dinâmica de uma população (Gotelli, 2007). Parâmetros como idade da maturidade sexual, tamanho e freqüência da desova podem variar significativamente entre espécies e entre populações da mesma espécie (Shine e Iverson, 1995). O conhecimento da ecologia e biologia das espécies ameaçadas é prioritário para a elaboração de planos de manejo e conservação dos quelônios da América do Sul (Turtle Conservation Fund, 2002).

Na bacia do Rio Negro podemos encontrar uma dessas espécies: *Podocnemis erythrocephala*, também conhecida como irapuca. Esta espécie vem sendo utilizada historicamente pelos moradores do município de Santa Isabel do Rio Negro (AM). Embora não existam registros quantitativos sobre o declínio de suas populações, os moradores locais relatam diminuição no número de irapucas nos últimos anos. O uso de redes de arrastão e da técnica de mergulho, apesar da proibição da captura com fins comerciais, possibilitou o aumento na captura de irapucas para o consumo e para a venda no mercado negro.

Diversas técnicas têm sido empregadas no estudo da dinâmica populacional de quelônios. Modelos demográficos são utilizados para avaliar o crescimento ou declínio de populações de organismos de vida longa (Crouse *et al.*, 1987). A carapaça de um quelônio é formada por três camadas: uma base óssea interna recoberta pelo epitélio epidérmico, que por sua vez é recoberto pelo escudo, mais

externo. As margens dos escudos são formadas por depressões da epiderme. Quando a epiderme cresce as células externas morrem e tornam-se queratinizadas. Períodos de crescimento muito lento ou ausente ficam então marcados como sulcos no escudo. O uso de anéis de crescimento presentes na carapaça tem sido amplamente utilizado, nem sempre com validação do método, em estudos com quelônios (Wilson *et al.*, 2003). Um anel de crescimento marca um período no qual o crescimento foi suspenso (Moll e Legler, 1971) podendo ser causado por fatores como hibernação durante um inverno rigoroso ou estivação durante períodos prolongados de seca ou chuvas (Legler, 1960; Moll e Legler, 1971; Berry, 2002). Moll e Legler (1971) descrevem a formação dos anéis de crescimento na carapaça de *Trachemys venusta*. São encontrados dois padrões de formação de anéis de crescimento em quelônios dependendo da retenção (e sobreposição) ou não dos escudos antigos quando novos escudos são formados (Moll e Legler, 1971).

Os fatores ambientais que podem estar influenciando na detenção do crescimento e, conseqüentemente, na formação dos anéis de crescimento na carapaça das irapucas ainda não são conhecidos. O ciclo de cheia e seca pode direta ou indiretamente estar ligado a intervalos sem crescimento. Indivíduos adultos podem despende sua energia com fins reprodutivos durante a seca ou mesmo a disponibilidade de alimento pode variar ao longo do ano. Outra espécie do gênero de tamanho similar, a iaçá (*Podocnemis sextuberculata*), é encontrada com freqüência de estômago vazio durante a estação seca na RDS Mamirauá (Fachín-Terán, 1999).

### 1.1. *Podocnemis erythrocephala*

*Podocnemis erythrocephala* é a menor espécie da família Podocnemididae da América, alcançando 32 cm de comprimento máximo retilíneo da carapaça (CC) para 156 indivíduos medidos no Rio Negro (Pritchard e Trebbau, 1984). As irapucas apresentam um par de barbelos próximos na parte inferior da cabeça. Manchas vermelhas ocorrem nas cabeças de filhotes, juvenis e machos adultos, mas desaparecem em fêmeas adultas, dando lugar a uma coloração marrom. A carapaça apresenta uma coloração que varia de marrom escuro a preto e é expandida posteriormente (Fig. 1). Filhotes, juvenis, machos adultos e algumas fêmeas adultas possuem a borda da carapaça vermelha (Fig. 1). Os machos são menores do que as fêmeas e apresentam uma cauda relativamente mais comprida (Mittermeier e Wilson, 1974; Pritchard e Trebbau, 1984; Vogt, 2001).



FIGURA 1. Fêmea (esquerda), macho (meio) e juvenil (direita) de *Podocnemis erythrocephala*.

A irapuca distribui-se pelo sul da Colômbia, sudoeste da Venezuela e pela região Norte do Brasil (Iverson, 1992) na região oeste do escudo das Guianas. No Brasil ocorre principalmente na bacia do Rio Negro (Vogt, 2001) (Fig. 2). Pequenos rios e lagos de água preta ou parcialmente preta constituem o seu habitat preferencial

(Mittermeier e Wilson, 1974) mas também foram encontradas em ambientes de água branca e clara (Hoogmoed e Ávila-Pires, 1990, Pritchard, 1990; Rebêlo, 1991; Vogt *et al.*, 1991; Iverson, 1992, Castaño-Mora *et al.*, 2003). Elas também podem ser encontradas desovando em tabuleiros (no meio e nas margens do rio Negro) e às margens de ilhas do rio Negro no município de Santa Isabel do Rio Negro durante a estação seca.



FIGURA 2: Distribuição geográfica, círculos vermelhos, de *Podocnemis erythrocephala* na América do Sul. (Fonte: World Turtle Database, <http://emys.geo.orst.edu/cgi-bin/emysmap?tn=253&cf=ijklmno>, acessado em 15 de março de 2009).

A dieta de *P. erythrocephala* na região de Barcelos é constituída principalmente por algas filamentosas (Vogt, 2001). Outros frutos reportados são frutos de igapó no período de cheia (Santos Junior, 2009) e Thomé-Souza (2005), analisando a composição isotópica de carbono 13 em músculos de quelônios concluiu que *P.*

*erythrocephala* deriva a sua energia principalmente do que é produzido na floresta de igapó.

A desova da irapuca depende do início da estação seca dos rios, quando surgem as campinas (Mittermeier e Wilson, 1974) e as praias (Vanzolini, 1977; Vogt, 2001), onde elas cavam os seus ninhos. Na Colômbia a desova ocorre entre novembro e janeiro (Castaño-Mora, 1997). No Rio Negro a desova ocorre de agosto até o final de novembro (Mittermeier e Wilson, 1974). Rebêlo (1991) registra um período um pouco maior de desova no município de Barcelos, onde se estende até dezembro. Batistella e Vogt (2008) encontraram desovas de irapuca entre outubro e dezembro no município de Santa Isabel do Rio Negro. O número de ovos por ninho varia de 5 a 12 em afluentes do rio Orinoco (Castaño-Mora, 1997) e 5 a 10 no baixo rio Inírida (Castaño-Mora *et al.*, 2003), 4 a 18 na região de Barcelos (Vogt, 2001), 5 a 14 na calha do Rio Negro (Mittermeier e Wilson, 1974) e de 2 a 16 no rio Ayuanã (Batistella e Vogt, 2008). O período médio de incubação em ambiente natural é de 90 dias (81-102) no rio Inírida (Castaño-Mora *et al.*, 2003), sendo o sexo determinado pelas condições ambientais dos ninhos durante o desenvolvimento embrionário (Vogt, 2001).

## **1.2. Objetivo geral**

Estudar a biologia e dinâmica populacional de *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã, médio Rio Negro, Amazonas, para avaliar o estado de conservação de sua população.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- Avaliar a relação entre a abundância relativa de *P. erythrocephala* no rio Ayuanã e a influência do nível do rio e dos métodos de amostragem;
- Determinar a estrutura de tamanho, razão sexual e percentual de juvenis da população de *P. erythrocephala* no rio Ayuanã e em seu entorno, e o efeito dos métodos de amostragem;
- Estimar a taxa de crescimento para machos e fêmeas de *P. erythrocephala* no rio Ayuanã;
- Avaliar se os anéis de crescimento da carapaça das irapucas são um índice confiável para determinar sua idade.
- Determinar a relação de tamanho e idade de *P. erythrocephala* com a maturidade sexual.
- Levantar informações sobre padrões de movimentação de *P. erythrocephala* no rio Ayuanã

Artigo 1.

CRESCIMENTO E MATURIDADE SEXUAL DE

*PODOCNEMIS ERYTHROCEPHALA* (TESTUDINES, PODOCNEMIDIDAE) NO MÉDIO RIO  
NEGRO, AMAZONAS, BRASIL.\*

RAFAEL BERNHARD<sup>1</sup> E RICHARD CARL VOGT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Curso de Pós-Graduação em Ecologia – Instituto Nacional de Pesquisas da  
Amazônia - Av. André Araújo, 2936 – Bairro Petrópolis – Manaus – Amazonas –  
Brasil – CEP 69060-001*

<sup>2</sup> *Coordenação de Pesquisa em Biologia Aquática - Instituto Nacional de Pesquisas  
da Amazônia - Av. André Araújo, 2936 – Bairro Petrópolis – Manaus – Amazonas –  
Brasil – CEP 69060-001*

<sup>3</sup> CORRESPONDÊNCIA: e-mail: rafbernhard@gmail.com

\* Submetido para Herpetologica

RESUMO: Neste estudo a eficácia do uso dos anéis de crescimento do escudo epidérmico da carapaça de *Podocnemis erythrocephala* para determinação da idade foi verificada, assim como a maturidade sexual e a taxa de crescimento. O estudo foi conduzido entre novembro de 2003 a fevereiro de 2008 no rio Ayuanã, médio Rio Negro. Fotos do primeiro escudo costal esquerdo foram comparadas ao número de anéis de crescimento formados entre a captura e recaptura. A maturidade sexual de fêmeas foi determinada através de constatação de gravidez em fêmeas vivas e da análise das gônadas. A maturidade sexual de machos foi determinada através de mudanças ontogenéticas no comprimento pré-cloacal e da análise de gônadas. A taxa de crescimento foi obtida a partir da variação do tamanho da carapaça entre as recapturas. Um modelo de crescimento não linear, de von Bertalanffy, modificado por Fabens, foi estimado. Machos atingem a maturidade sexual com aproximadamente 161 mm de comprimento máximo retilíneo da carapaça e fêmeas com 221,8 mm em média. Os anéis de crescimento formados não corresponderam ao período de tempo e nem ao número de estações de cheia ou seca do Rio Negro ocorridos entre as capturas. Os indivíduos imaturos apresentaram uma taxa de crescimento mais rápida do que os adultos sendo que esta taxa decresce linearmente com o aumento da carapaça. O modelo de crescimento von Bertalanffy estimado parece ser biologicamente mais verossímil para as fêmeas do que para os machos. Isso pode ter ocorrido devido ao baixo número de dados de crescimento de machos jovens e à grande variabilidade de crescimento em indivíduos adultos.

PALAVRAS-CHAVE: anéis de crescimento, crescimento, idade, maturidade, von Bertalanffy.

A RELAÇÃO entre a idade e o tamanho é importante para o desenvolvimento de modelos demográficos (Krebs, 2001; Gotelli, 2007), que por sua vez podem ser utilizados para identificar estágios de vida sensíveis de espécies pouco conhecidas para orientar pesquisas futuras e programas de manejo (Heppel, 1998). Em quelônios, o tamanho corporal está relacionado ao número de ovos produzidos pelas fêmeas (Vanzolini, 1977; Congdon e Gibbons, 1987; Lindeman, 1996; Congdon *et al.* 2003; Haller e Rodrigues, 2006), à taxa de sobrevivência (Shine e Iverson, 1995; Congdon *et al.*, 2003) e à taxa de crescimento (Congdon *et al.*, 2003).

Os quelônios apresentam um padrão de crescimento típico de anfíbios e dos demais répteis (Halliday e Verrell, 1988). Os juvenis crescem rapidamente até atingirem a maturidade, quando o crescimento passa a ser muito lento ou ausente. Espécies menores tendem a atingir a maturidade com tamanhos menores (Shine e Iverson, 1995). Em espécies com dimorfismo sexual de tamanho, o sexo menor tem taxas de crescimento menores, porém, atinge a maturidade com menor idade do que o sexo maior (Dunhan e Gibbons, 1990). No entanto, este padrão pode ter exceções. Por exemplo, indivíduos dos dois sexos de *Graptemys ouachitensis* e *Graptemys pseudogeographica* crescem a uma mesma taxa nos primeiros quatro anos em cativeiro, quando os machos atingem a maturidade e apresentam taxas de crescimento menores em relação às fêmeas (Vogt, 1980a). Podem também haver diferenças nas taxas de crescimento de indivíduos de populações distintas de uma mesma espécie (Dunhan e Gibbons, 1990; Lovich *et al.*, 1998), ou devido à eventos catastróficos esporádicos em uma mesma população (Dodd-Jr e Dreslik, 2008).

Uma metodologia bastante empregada para o estudo do crescimento de quelônios é a contagem de anéis de crescimento presentes na carapaça (Ramo, 1982; Wilson *et al.*, 2003), em ossos (Zug *et al.*, 1986; Snover e Hohn, 2004) e, em um caso único, nas unhas (Thomas *et al.*, 1997). Estes anéis são formados devido aos períodos de

crescimento lento ou ausente, seguidos por períodos de crescimento relativamente rápido. Os fatores responsáveis pela parada de crescimento em quelônios, e conseqüente formação dos anéis de crescimento, podem ser invernos rigorosos, secas prolongadas ou períodos chuvosos (Berry, 2002; Legler, 1960; Moll e Legler, 1971).

Modelos não lineares são utilizados com freqüência para descrever o crescimento utilizando poucos parâmetros (comprimento assintótico, taxa de crescimento, tamanho corporal do início do intervalo de crescimento e a forma da curva de crescimento) (Lindeman, 1997). Os parâmetros estimados nos modelos para cada espécie podem ser utilizados para estudos sobre padrões na história de vida de quelônios (Shine e Iverson, 1995).

Estudos sobre o padrão de crescimento das espécies brasileiras de quelônios ainda são raros. A maioria deles foi realizada em cativeiro: *Podocnemis unifilis* (Vianna, 1999), *Trachemys dorbignyi* (Molina, 1995; Vianna, 1999) e *Phrynops Geoffroanus* (Molina, 1989). Em ambiente natural foram realizados estudos sobre o crescimento de *Phrynops rufipes* (Magnusson *et al.*, 1997) e *Hydromedusa maximiliani* (Martins e Souza, 2008). Dentre as espécies da família Podocnemididae, além de *Podocnemis unifilis* (Vianna, 1999), apenas *Podocnemis vogli* teve o seu crescimento estudado (Ramo, 1982).

O presente estudo foi realizado com a menor espécie da família Podocnemididae: *Podocnemis erythrocephala*. Ela habita rios e lagos de água preta e clara, distribuindo-se desde o sul da Colômbia e sudoeste da Venezuela e nos rios Trombetas, Tapajós e Rio Negro, no Brasil (Iverson, 1992). Esta espécie é bastante utilizada como alimento pelo homem, sendo uma das três espécies mais consumidas no Rio Negro (Pezzuti, 2003; Ossa-Velásquez, 2008). A sua dieta é predominantemente herbívora (Vogt, 2001). O período de desova ocorre de agosto a

dezembro no Rio Negro, diferindo entre as localidades dependendo do nível da água do rio (Mittermeier e Wilson, 1974; Rebêlo, 1991; Vogt, 2001; Batistella e Vogt, 2008).

Os objetivos deste estudo foram (1) avaliar se os anéis de crescimento são formados em um intervalo de tempo constante; (2) determinar o tamanho de maturidade sexual para machos e fêmeas e (3) estimar o padrão de crescimento de *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um trecho com 150 km de extensão do rio Ayuanã, um tributário do Rio Negro, localizado no município de Santa Isabel do Rio Negro, estado do Amazonas, Brasil (00° 32' 32,6" S, 64° 55' 23,0" W). Este é um típico rio de água preta segundo a classificação de Junk (1983) com um pH de 4,5 (Schneider *et al.*, 2009). As áreas alagadas sazonalmente correspondem à 12,8% da área total de sua bacia hidrográfica (Schneider *et al.*, 2009). A quantidade média anual de chuvas na região é de 2.419 mm/ano, variando de 1.844 a 2.957 mm/ano. Os meses menos chuvosos costumam ser agosto e setembro e os mais chuvosos, em março e abril (Fig. 1) (ANA, 2009). O nível da água do rio Ayuanã é influenciado pelo nível da água do Rio Negro apenas nos seus primeiros dez quilômetros. No restante de sua extensão o nível da água depende do volume de chuvas em sua bacia hidrográfica. Nesta região do Rio Negro é possível identificar quatro períodos distintos no nível da água: seca (outubro a fevereiro), enchente (março a abril), cheia (maio a julho) e vazante (agosto e setembro) (Fig. 1) (ANA, 2009). A temperatura média anual, de 27 C, não oscila significativamente ao longo do ano.

As capturas das tartarugas ocorreram de novembro de 2003 a fevereiro de 2008, tanto no período de seca quanto no período de cheia do rio. Os métodos de captura utilizados foram malhadeiras do tipo transmalhas, *trammel nets* (Vogt, 1980b), e

mergulho. Os animais capturados foram medidos em seu comprimento máximo retilíneo da carapaça (CMRC) com uma régua pediátrica ( $\pm 1$  mm), comprimento máximo retilíneo da região pré anal da cauda ( $C_{\text{cauda}}$ ) com um paquímetro ( $\pm 0,1$  mm) e pesados com balanças Pesola® ( $\pm 20$  g). Cada animal foi marcado individualmente através de cortes e furos em seus escudos marginais segundo Cagle (1939) e solto em seu local de captura. Fêmeas e machos foram identificados através do seu dimorfismo sexual, que nesta espécie consiste na cauda maior e manchas vermelhas presentes na cabeça dos machos. As fêmeas perdem esta característica juvenil ao crescerem, apresentando a cabeça de cor marrom (Mittermeier e Wilson, 1974).

A maturidade sexual das fêmeas foi determinada através da palpação inguinal de ovos calcificados, da constatação de desova durante a manipulação e da análise morfológica das gônadas. A maturidade sexual dos machos foi constatada através do exame morfológico das gônadas (Miller e Limpus, 2003) e da inspeção gráfica da relação entre  $C_{\text{cauda}}$  e CMRC, sabendo-se que machos adultos possuem caudas proporcionalmente maiores do que a das fêmeas e que esta diferença não é observável em recém nascidos. As gônadas analisadas foram obtidas de *P. erythrocephala* provenientes do rio Ayuanã, depositadas na Coleção de Anfíbios e Répteis do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Para avaliar se os anéis de crescimento dos escudos epidérmicos podem ser utilizados como indicadores da idade do indivíduo o primeiro escudo costal esquerdo de cada animal capturado ou recapturado foi fotografado utilizando-se uma câmera digital Nikon D80® com resolução de oito megapixels e uma lente com comprimento focal de 50 mm. Foram analisadas apenas as fotos de indivíduos cujos anéis de crescimento dos escudos epidérmicos estavam evidentes e cujo intervalo entre as capturas fosse de 160 dias. O número de anéis de crescimento formado entre a

primeira e a segunda captura foi comparado com o tempo decorrido entre as capturas. A variação do nível da água do rio Ayuanã é a mudança sazonal mais marcante na área de estudo e pode ser a responsável pelo padrão de formação dos anéis de crescimento. Portanto, foi quantificado o número de períodos de seca e de cheia entre cada uma das recapturas utilizando-se um gráfico com a variação do nível da água do rio em função do tempo com dados obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2009). Cada anel de crescimento ou ciclo hidrológico incompleto é apresentado como 0,5.

A taxa de crescimento foi calculada através da equação  $TC = (CMRC_{recaptura} - CMRC_{captura})/\Delta t$  (Martins e Souza, 2008), onde TC = taxa de crescimento (mm/ano) e  $\Delta t$  = intervalo de tempo entre as capturas (anos). A taxa de aumento de peso foi calculada da mesma forma (Martins e Souza, 2008). Para minimizar o efeito do intervalo de tempo entre as recapturas a relação entre o crescimento anual e o tamanho da tartaruga foi testada através de uma regressão linear simples entre o crescimento exponencial ( $CE = (\log_e CMRC_{recaptura} - \log_e CMRC_{captura})/\Delta t$ ) e o tamanho médio geométrico ( $TMG = (CMRC_{recaptura} \times CMRC_{captura})^{-2}$ ) (Magnusson *et al.*, 1997). Onde CE (crescimento exponencial),  $\Delta t$  (tempo decorrido entre as capturas, em anos), TMG (tamanho médio geométrico),  $e$  (base dos logaritmos naturais). Apenas recapturas com intervalos maiores do que 300 dias foram consideradas. A diferença na taxa de crescimento entre machos, fêmeas e indivíduos imaturos foi testada através do teste  $U$  de Mann Whitney.

A curva de crescimento foi calculada independentemente para machos e fêmeas a partir do modelo de von Bertalanffy (Fabens, 1965):  $CMRC_t = a (1 - be^{-kt})$ , onde  $CMRC_t$  (tamanho no tempo  $t$ ),  $t$  (idade em anos),  $k$  (constante de crescimento),  $b$  (parâmetro relacionado ao tamanho ao nascer) e  $a$  (tamanho assintótico). Os parâmetros  $k$  e  $a$  foram obtidos utilizando-se o programa FISTAT II (Gayanilo *et al.*,

2005), a partir do modelo de von Bertalanffy modificado por Fabens (1965), que utiliza a variação de tamanho por intervalo de tempo:  $CMRC_{recaptura} = a - (a - CMRC_{captura}) e^{-k\Delta t}$ . O parâmetro  $b$  foi obtido rearranjando o modelo de von Bertalanffy considerando o tamanho do recém nascido ( $t_0$ ). No rio Ayuanã *P. erythrocephala* mede em média 39 mm CMRC (N= 277) ao nascer (Batistella, 2003). Ajustando a fórmula para  $t_0$  a equação simplificada de von Bertalanffy é a seguinte:  $CMRC_0 = a(1 - b)$ . Para estimar a taxa de crescimento pelo tempo os parâmetros  $k$  e  $b$  estimados foram utilizados. Como o parâmetro  $a$  estimado pelo método de Fabens (1965) foi menor do que o observado foi utilizado o CMRC médio dos dez maiores indivíduos de cada sexo, capturados na área de estudo, para calcular as curvas de crescimento para machos ( $a_{estimado} = 230,1$  mm CMRC;  $a_{observado} = 240,2$  mm CMRC) e fêmeas ( $a_{estimado} = 278,6$  mm CMRC;  $a_{observado} = 313,5$  mm CMRC).

A variação do CMRC entre as recapturas de 54 machos e 148 fêmeas foram utilizadas para as estimativas de crescimento. O intervalo médio entre as capturas para as estimativas foi de 1,8 anos (0,8 – 4,2 anos) para as fêmeas e de 1,6 anos (0,9 – 3,2 anos) para os machos.

## RESULTADOS

Analisando-se 38 ovários (109 - 297 mm CMRC) a maior fêmea imatura mediu 200 mm CMRC e a menor fêmea madura mediu 230 mm de CMRC. O tamanho médio das 10 menores fêmeas grávidas encontradas no rio Ayuanã, considerado o tamanho limite para a maturidade sexual, foi  $221,8 \pm 4,4$  mm CMRC (Fig. 2). Fêmeas grávidas foram capturadas nos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, correspondentes à estação seca na área de estudo. No entanto uma fêmea grávida foi capturada no mês de agosto de 2005, muito antes do período de vazante e seca do rio. Houve uma relação linear entre o comprimento da cauda e o CMRC de machos ( $r^2 = 0,81$ ;  $n = 54$ ;  $P < 0,001$ ) e de fêmeas ( $r^2 = 0,66$ ;  $n = 64$ ;  $P$

<0,001). O comprimento da cauda dos machos é maior do que a das fêmeas mesmo após ajustada para o CMRC (ANCOVA;  $n = 118$ ;  $r^2 = 0,78$ ;  $gl = 1$ ;  $F = 283,14$ ;  $P < 0,001$ ) e pode ser percebido a partir dos 125 mm CMRC (Fig. 3). No entanto, a partir da análise morfológica dos testículos de 31 indivíduos (136–233 mm CMRC), o menor macho adulto encontrado mediu 161 mm CMRC (Fig. 2). A maturidade sexual em machos deve ocorrer, portanto, em torno dos 161 mm CMRC.

A formação dos anéis de crescimento não foi consistente com nenhum intervalo de tempo ou com o número de estações de seca ou cheia entre as recapturas (Tabela 1). Observando as fotos do escudo costal esquerdo de cinco machos e seis fêmeas recapturados em um intervalo de tempo de 0,4 a 1,9 anos não é possível observar um padrão de formação de anéis de crescimento em um intervalo de tempo regular. O número de anéis de crescimento formados em intervalos de tempo entre 0,4 e 0,8 anos variou de zero a 1,5. Em um macho adulto houve a formação apenas parcial de um anel de crescimento após 1,3 anos. O número de anéis de crescimento também não coincidiu com o número de estações secas ou cheias do nível da água no rio Ayuanã. Em duas fêmeas recapturadas após dois períodos completos de seca foi observada a formação de um e dois anéis de crescimento. Cinco indivíduos recapturados após pelo menos um período de seca completo tiveram uma variação de zero a 1,5 anéis de crescimento formados. Dentre os cinco indivíduos recapturados após um período completo de cheia houve a formação de zero a 1,5 anéis de crescimento. De cinco indivíduos recapturados entre um e 1,5 período de cheia em um não houve a formação de anéis de crescimento. Uma fêmea apresentou dois novos anéis de crescimento após três períodos de cheia e um macho apenas um anel incompleto após dois períodos de cheia. Na Tabela 1 é apresentado um resumo da formação de anéis de crescimento em *P. erythrocephala*.

A taxa de crescimento foi maior em indivíduos imaturos do que em machos e fêmeas maduras (Tabela 2) ( $n = 202$ ;  $gl = 1$ ; teste  $U$  de Mann Whitney = 1.922;  $P < 0,001$ ). O mesmo foi observado para o ganho anual de peso ( $n = 202$ ;  $gl = 1$ ; teste  $U$  de Mann Whitney = 1.914 ;  $P < 0,001$ ) entre juvenis e adultos.

Houve também uma relação linear negativa entre o tamanho médio geométrico e o crescimento exponencial de fêmeas ( $r^2 = 0,64$ ;  $n = 148$ ;  $P < 0,001$ ) e machos ( $r^2 = 0,44$ ;  $n = 53$ ;  $P < 0,001$ ) de *P. erythrocephala* (Fig. 4). A constante de crescimento ( $k$ ) obtida através do método de Fabens (1965) foi menor para os machos ( $k = 0,106$ ) do que para as fêmeas ( $k = 0,134$ ). O parâmetro  $b$  estimado para machos foi 0,84 e para fêmeas 0,86. Substituindo  $k$ ,  $a$  e  $b$  na equação original de von Bertalanffy temos para os machos  $CMRC_t = 240,2 (1 - 0,84e^{-0,106t})$  e  $CMRC_t = 313,5 (1 - 0,86e^{-0,134t})$  (Fig. 5). Considerando o tamanho de maturidade sexual de machos (161 mm CRMC) e fêmeas (221,8 mm CMRC), e a curva de crescimento de von Bertalanffy, a idade de maturidade sexual estimada foi nove anos para ambos.

#### DISCUSSÃO

Estudos sobre crescimento de quelônios realizados através do método de marcação e recaptura podem ser demorados e exigirem um grande número de recapturas. Por outro lado, métodos que utilizam anéis de crescimento em ossos mutilam ou matam os animais. Halliday e Verrell (1988) sugerem que tanto marcação e recaptura como análise de anéis de crescimento sejam utilizados após serem calibrados entre si. Mas para que um anel de crescimento possa ser utilizado como indicador da idade e para o cálculo retroativo do crescimento ele deve ser formado em um intervalo de tempo constante e conhecido (Wilson *et al.*, 2003), e exibir uma alometria constante e proporcional entre o tamanho da estrutura estudada e o tamanho do indivíduo (Graham, 1979). Os anéis de crescimento presentes no primeiro escudo costal esquerdo de *P. erythrocephala* não são confiáveis para a determinação da idade

para as classes de tamanho analisadas neste estudo devido à enorme variação no número formado em intervalos similares de tempo e, portanto, não puderam ser utilizados como indicadores de crescimento. Revendo estudos sobre o uso de anéis de crescimento em escudos epidérmicos de quelônios Wilson *et al.* (2003) observaram que em apenas 44 dos 145 artigos analisados o uso dos anéis foi validado. Em oito estudos a eficácia do uso de anéis de crescimento foi descartada. O uso de anéis de crescimento também foi rejeitado para uma população do Panamá de *Trachemys venusta* (Moll e Legler, 1971). A população estudada neste caso habitava uma região com um clima tropical de baixa altitude cuja única variação sazonal marcante é uma estação seca de quatro meses e outra chuvosa de oito meses. Os anéis de crescimento nesta espécie são formados na estação chuvosa quando ela pára de crescer. No entanto Moll e Legler (1971) encontraram padrões de crescimento diferenciados para juvenis e adultos nesta população, pois no período seco os filhotes têm uma taxa de crescimento mais rápida enquanto os adultos alocam sua energia para a reprodução. De três a quatro anéis de crescimento foram formados anualmente neste estudo (Moll e Legler, 1971). Em um estudo sobre o crescimento de *Phrynops rufipes* realizado em uma floresta de terra firme da Amazônia Central, Magnusson *et al.* (1997) preferiram não utilizar os anéis de crescimento epidérmicos. Neste caso os dados obtidos por este método resultavam em estimativas biologicamente improváveis do comprimento assintótico. Ramo (1982) utilizou anéis de crescimento do escudo epidérmico de *Podocnemis vogli* sem validar o método.

A sazonalidade do ciclo hidrológico dos rios amazônicos, com marcantes períodos de cheia e seca, e os períodos reprodutivos está associada à formação de dois anéis de crescimento anuais em várias espécies de peixes: *Calophysus macropterus* (Pérez e Fabr , 2003), *Hypophthalmus marginatus* (Cutrim e Batista, 2005),

*Osteoglossum bicirrhosum* (Cavalcante, 2008). A população de *P. erythrocephala* estudada também vive em um ambiente com temperatura média que não oscila significativamente ao longo do ano. A variação anual no nível da água na região aqui estudada pode chegar a sete metros, coincidindo razoavelmente bem com a quantidade de chuvas, também variável ao longo do ano (ANA, 2009). Este padrão anual geral de chuvas e nível da água do rio, no entanto, mostrou-se bastante irregular. Em meses supostamente secos como fevereiro, por exemplo, o nível da água foi um dos mais altos do ano em 2006, chegando a quase dez metros de altura. Em estações secas foram observadas várias subidas repentinas no nível da água do rio Ayuanã em 2002 (Batistella e Vogt, 2008) e durante o presente estudo. A análise do conteúdo de alguns estômagos de *P. erythrocephala* capturadas durante o presente estudo revelou uma mudança na dieta, relacionada ao nível do rio. Nos meses mais secos o conteúdo estomacal consistia basicamente em algas filamentosas, e havia um volume menor de itens alimentares, em comparação aos conteúdos observados no período de cheia. Na cheia foi possível observar um maior número de frutos, flores, folhas e material animal, em comparação com a estação seca. Estas variações aleatórias e esporádicas no nível da água do rio e, conseqüentemente, na dieta, podem ocasionar a formação de falsos anéis de crescimento ou de um número anual inconstante. Castanet e Smirina (1990) sugerem que ritmos endógenos, associados às variações ambientais cíclicas, formariam os anéis de crescimento em ossos. Anéis de crescimento conspícuos seriam formados quando houvesse variação das condições climáticas anuais bem definidas.

O tamanho de maturidade sexual de *P. erythrocephala* representa 65% do tamanho máximo registrado para machos (247 mm CMRC) e 69% para as fêmeas (322 mm CMRC). Este percentual entre o tamanho de maturidade sexual e o tamanho

máximo está próximo do sugerido por Shine e Iverson (1995) como um padrão entre os quelônios. Outras espécies do mesmo gênero também apresentaram um percentual similar: *Podocnemis sextuberculata* (74,6% em fêmeas; Bernhard, 2001) e *Podocnemis vogli* (70% para as fêmeas; Ramo, 1982).

A maturidade sexual dentro da família Podocnemididae foi determinada para fêmeas de *Podocnemis vogli* (230 mm CMRC; Ramo, 1982), *Peltocephalus dumerilianus* (270 mm CMRC; Vogt, 2001), *Podocnemis sextuberculata* (250 mm CMRC; Bernhard, 2001) e *Podocnemis erythrocephala* (244 mm CMRC; Vogt, 2001). O tamanho de maturidade sexual (221,8 mm CMRC) encontrado neste estudo para *P. erythrocephala* é o menor conhecido dentro da família Podocnemididae. *P. erythrocephala* é a menor espécie do gênero tanto quanto ao tamanho máximo conhecido (Pritchard e Trebbau, 1984; presente estudo) quanto ao tamanho de maturidade sexual. O maior tamanho de maturidade sexual para *P. erythrocephala* encontrado por Vogt (2001) em relação ao tamanho deste estudo pode estar relacionado a um menor número amostral utilizado por Vogt (2001) ou à uma variação entre populações. O tamanho do menor macho de *Podocnemis sextuberculata* com características externas de um adulto foi 149 mm CMRC no médio Solimões (Fachín-Terán, 1999), menor do que o encontrado para *P. erythrocephala* neste estudo (161 mm CMRC). O maior tamanho da cauda de machos de *P. erythrocephala* começa a ficar evidente a partir dos 125 mm CMRC, um tamanho menor do que o encontrado para a maturidade sexual. Como não foram analisadas gônadas de *P. sextuberculata*, o dimorfismo sexual dos machos observado por Fachín-Terán (1999) pode estar precedendo a maturidade sexual nesta espécie.

O padrão de crescimento encontrado para *P. erythrocephala*, com indivíduos imaturos crescendo mais rapidamente do que indivíduos maduros e uma relação

inversa entre tamanho e taxa de crescimento, é característico dos quelônios (Frazer *et al.*, 1990; Kenett, 1996; Magnusson *et al.*, 1997; Lindeman, 1999). A taxa de crescimento no tamanho da carapaça, calculada para os indivíduos imaturos de *P. erythrocephala*, foi superior (44 mm/ano) à taxa de crescimento estimada para o primeiro ano de vida de *Phrynops rufipes* (15 mm/ano), uma espécie de tartaruga de água doce amazônica que vive em pequenos igarapés dentro da terra firme (Magnusson *et al.* 1997). Também foi maior do que a taxa de crescimento de indivíduos imaturos de *Hydromedusa maximiliani* (3,7 mm/ano) que habita pequenos córregos dentro de florestas a 600 m de altitude em relação ao nível do mar (Martins e Souza, 2008).

Neste estudo foi utilizado o modelo de crescimento de von Bertalanffy modificado por Fabens (1965). Este modelo pressupõe um rápido crescimento inicial seguido de crescimento lento após a maturidade sexual, quando a energia passa a ser alocada para a reprodução. O método de Fabens (1965) para estimar os parâmetros de crescimento comprimento assintótico ( $a$ ) e a constante de crescimento ( $k$ ) utiliza o tamanho do indivíduo na captura, o tamanho na recaptura e o intervalo de tempo decorrido entre as recapturas em anos. Quando comparado ao modelo original de von Bertalanffy, que utiliza indivíduos com idades conhecidas, ambos modelos ajustaram-se bem aos dados e produziram uma curva de crescimento praticamente idêntica (Frazer *et al.*, 1990). Vários estudos escolheram von Bertalanffy como o melhor dentre os modelos de crescimento após ajustá-lo aos dados de campo: *Trachemys scripta* (Dunhan e Gibbons, 1990), *Chelodina rugosa* e *Eseya dentata* (Kenett, 1996) e *Emydura macquarii* (Spencer, 2001). No presente não foram obtidos dados de crescimento de indivíduos com idades conhecidas para verificar se o modelo de crescimento obtido ajusta-se bem a eles, pois a formação dos anéis de crescimento não pode ser utilizada. Algumas evidências apontam para possíveis

falhas no modelo aqui proposto. No modelo de von Bertalanffy existe uma correlação negativa entre  $a$  e  $k$  entre populações diferentes de uma mesma espécie (Lindeman, 1999). Em espécies onde existe dimorfismo sexual de tamanho, indivíduos do sexo menor apresentam maiores valores de  $k$  e menores valores de  $a$  (Lindeman, 1999; Spencer, 2001; Martins e Souza, 2008). Os valores obtidos no presente estudo para machos ( $k = 0,106$ ;  $a = 230,1$  mm CMRC) e fêmeas ( $k = 0,134$ ;  $a = 278,6$  mm CMRC) não estão de acordo com este padrão. Neste estudo foram recapturados poucos indivíduos imaturos e a maioria deles era fêmea. A ausência de indivíduos de classes de tamanho menores de *Trachemys scripta* aparentemente não afetou os parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy mas a retirada de indivíduos maiores afetou (Frazer *et al.*, 1990). Teoricamente a ausência de indivíduos de classes de tamanho menores de *P. erythrocephala* não deveria estar afetando os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados. O alto desvio padrão encontrado nas taxas de crescimento, tanto de adultos como de juvenis, demonstra uma grande variação individual na taxa de crescimento para esta espécie, que pode estar produzindo um erro nas estimativas dos parâmetros de crescimento. Portanto, o modelo de crescimento de *P. erythrocephala* aqui apresentado deve ser visto como uma primeira estimativa para o gênero *Podocnemis*. A idade de maturidade sexual das fêmeas de *P. erythrocephala* (nove anos) parece ser uma estimativa razoável, tendo em vista que Shine e Iverson (1995) estimaram em 10 anos a maturidade sexual para fêmeas de *Podocnemis vogli*, outra espécie da família com tamanho máximo ligeiramente maior (331 mm CMRC), baseando-se em dados de Ramo (1982). Em espécies com dimorfismo sexual de tamanho os indivíduos do sexo menor costumam atingir a maturidade sexual mais cedo em relação aos indivíduos do sexo maior (Bury, 1979; Vogt, 1980a; Dunhan e Gibbons, 1990). A estimativa de nove anos para machos de *P. erythrocephala* atingirem a maturidade

sexual deve ser validada em estudos utilizando-se outras técnicas, como marcação de filhotes com *pit tags*.

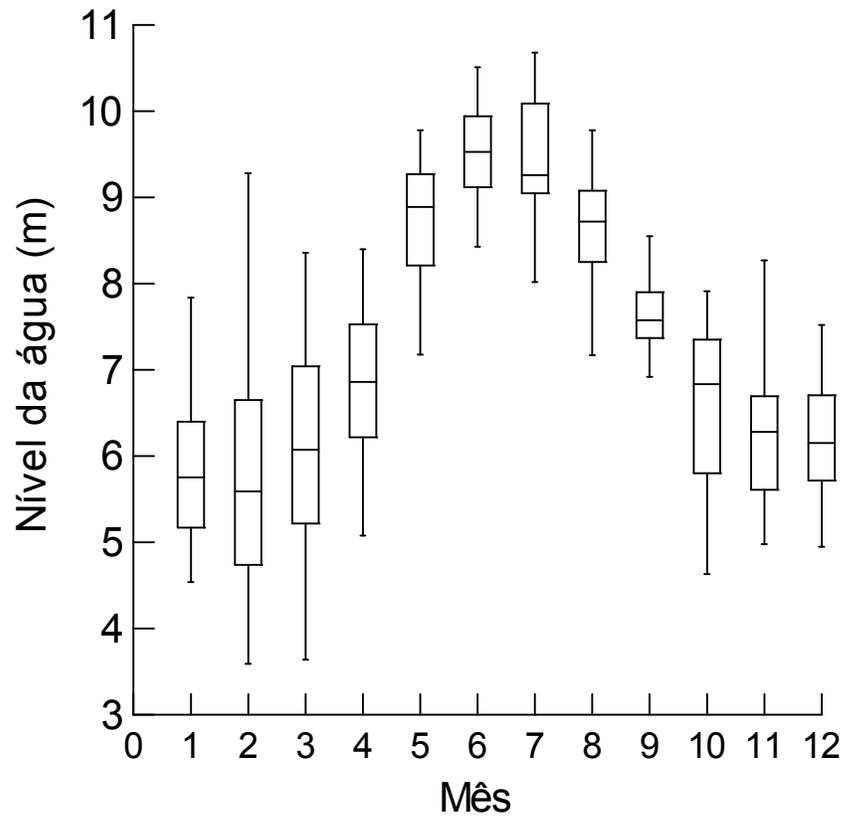


FIGURA 1. Nível da água do Rio Negro, valores mensais médios (barra horizontal), desvio padrão (retângulo) e amplitude (barra vertical), medidos diariamente, de agosto de 1977 a fevereiro de 2008, na comunidade Serrinha (00° 28' 54" N, 64° 49' 38" W), município de Santa Isabel do Rio Negro, estado do Amazonas (ANA, 2009).

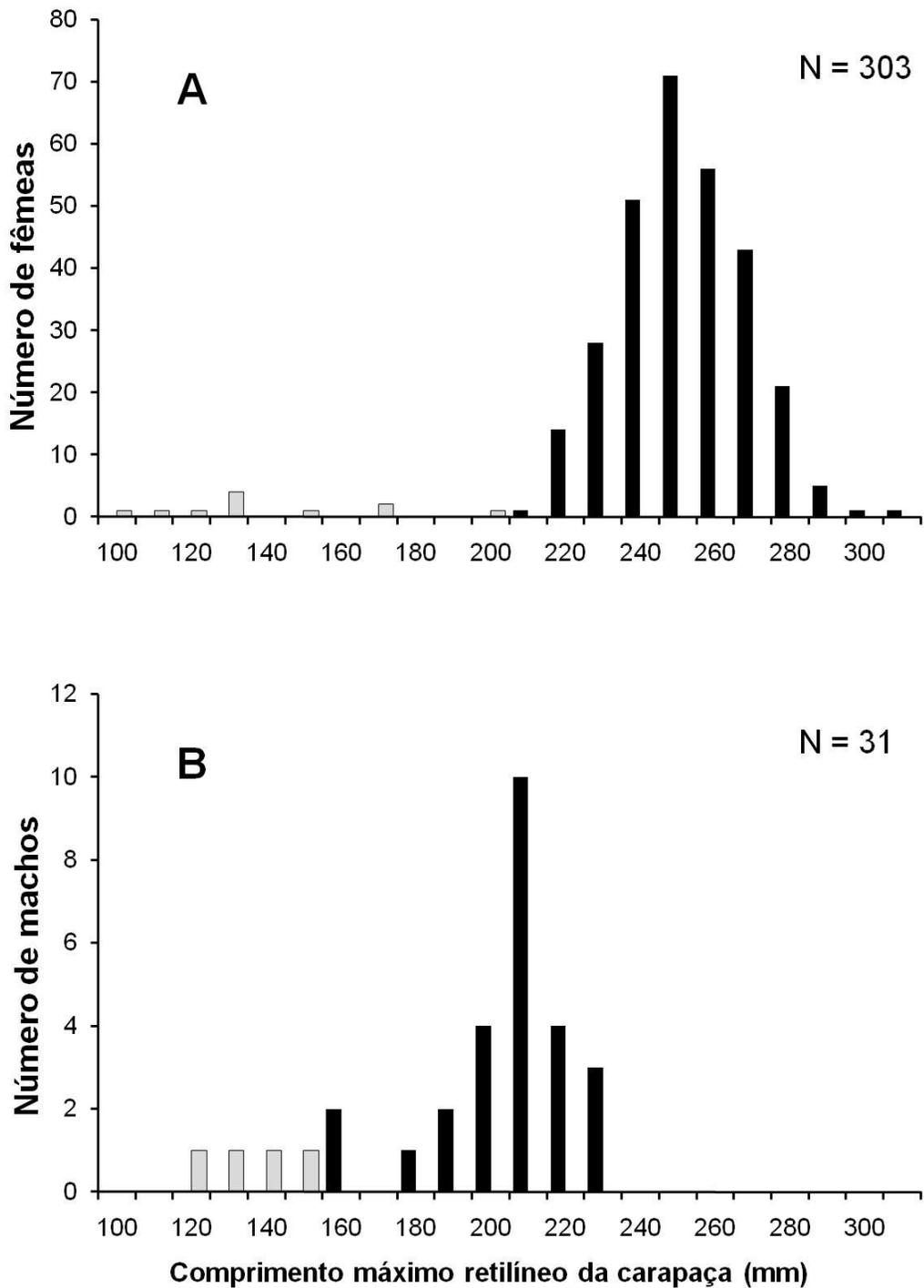


FIGURA 2. Distribuição de tamanhos de fêmeas (A) e machos (B) de *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã entre 2003 e 2008. Imaturos (colunas cinzas); adultos (colunas pretas).

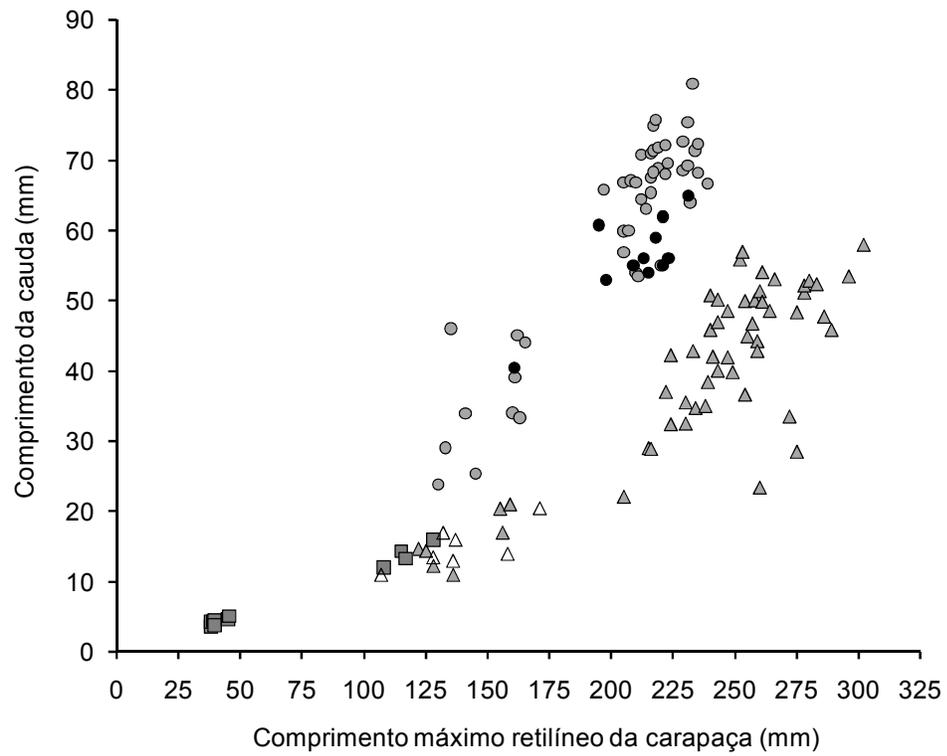


FIGURA 3. Relação entre o comprimento da cauda e o comprimento máximo retilíneo da carapaça de *Podocnemis erythrocephala*. Machos (círculos); fêmeas (triângulos); sexo não determinado (quadrados); maturidade não confirmada (cinza); maturidade confirmada (preto); imaturidade confirmada (branco).

TABELA 1. Número de anéis de crescimento formados no escudo costal esquerdo de *Podocnemis erythrocephala*, intervalo de tempo (anos) entre as capturas e ocorrências de períodos de seca e cheia no rio Ayuanã (meio período de cheia ou seca significa que a captura ou recaptura ocorreram quando a estação já havia iniciado ou quando estava terminando). CRMC = comprimento máximo retilíneo da carapaça.

ID	Sexo	CRMC (mm)	Num anéis formados	Varição de tempo (anos)	Seca	Cheia
4,10D6E	Macho	191	1,0	0,7	0,5	1,5
5,7D	Macho	200	0,5	1,3	1,0	2,5
3,4D5E	Macho	208	1,5	0,7	0,5	0,5
3,4D11E	Macho	209	0,0	0,7	0,5	0,5
9D6,11E	Macho	216	0,0	0,4	0,0	0,5
1,4,7E	Fêmea	173	1,0	0,5	1,0	0,5
8D1,3E(8E)	Fêmea	190	1,0	0,8	2,0	1,5
2D1,2E	Fêmea	235	2,0	1,9	2,5	3,0
5D3,5E	Fêmea	240	1,0	0,5	1,5	1,5
3,10D2E	Fêmea	250	1,5	1,1	1,5	1,5
7,11D12E	Fêmea	260	0,0	0,7	1,5	1,5

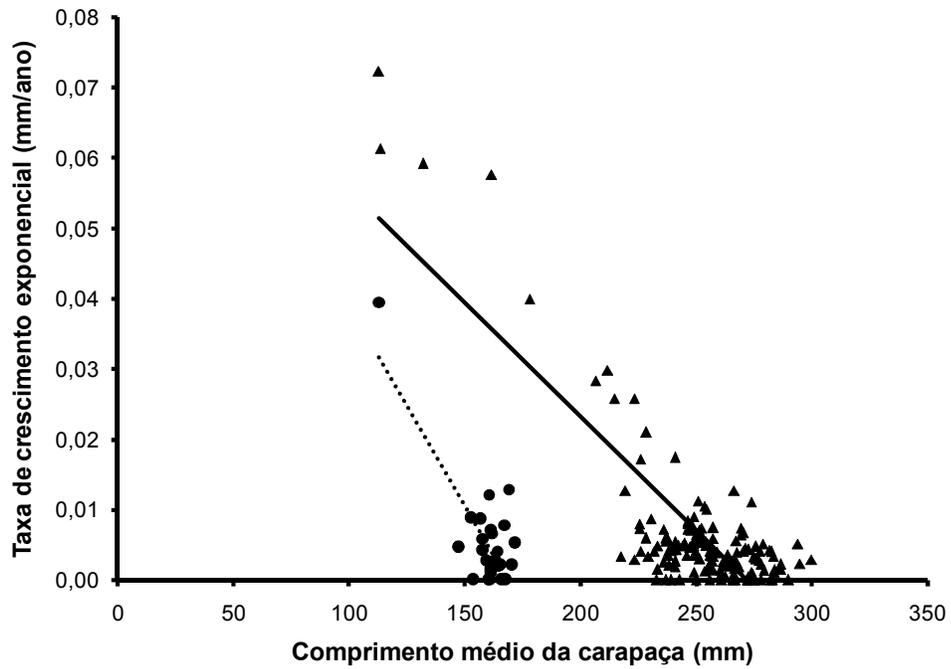


FIGURA 4. Relação linear entre a taxa o comprimento médio geométrico da carapaça e a taxa de crescimento exponencial de machos (círculos, linha pontilhada) e fêmeas (triângulos, linha sólida) de *Podocnemis erythrocephala* do rio Ayuanã.

TABELA 2. Taxas médias de crescimento e ganho de peso com desvio padrão ( $\pm$ ) para *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã.

Sexo	<i>n</i>	Crescimento da carapaça (mm/ano)	Ganho em peso (g/ano)
Machos	53	1,47 $\pm$ 1,33	7,06 $\pm$ 23,78
Fêmeas	138	2,57 $\pm$ 3,52	30,61 $\pm$ 54,60
Imaturos	11	44,11 $\pm$ 6,04	110,97 $\pm$ 13,56

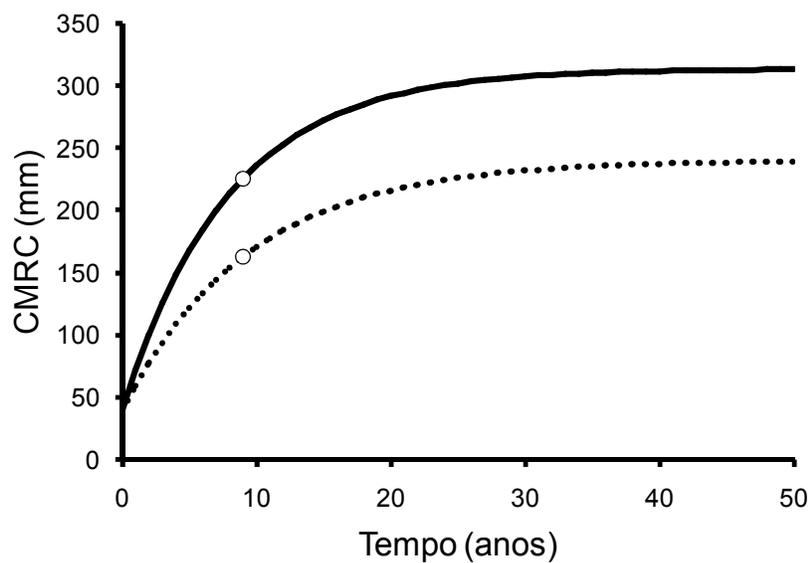


FIGURA 5. Curva de crescimento estimada para machos (linha pontilhada) e fêmeas (linha sólida) de *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã. Os círculos brancos indicam o tamanho de maturidade sexual. CMRC = comprimento máximo retilíneo da carapaça.

Artigo 2.

ABUNDÂNCIA, ESTRUTURA POPULACIONAL E RAZÃO SEXUAL DE *PODOCNEMIS*  
*ERYTHROCEPHALA* (TESTUDINES: PODOCNEMIDIDAE) NO RIO AYUANÃ, AMAZONAS,  
BRASIL\*

RAFAEL BERNHARD<sup>1</sup>, RICHARD CARL VOGT<sup>2</sup>

*1 – Curso de Pós-Graduação em Ecologia – Instituto Nacional de Pesquisas da  
Amazônia - Av. André Araújo, 2936 – Bairro Petrópolis – Manaus – Amazonas –  
Brasil – CEP 69083-000*

*2 – Coordenação de Pesquisa em Biologia Aquática - Instituto Nacional de  
Pesquisas da Amazônia - Av. André Araújo, 2936 – Bairro Petrópolis – Manaus –  
Amazonas – Brasil – CEP 69083-000*

CORRESPONDÊNCIA: e-mail: rafbernhard@gmail.com; vogt@inpa.gov.br

\* Submetido para Herpetologica

RESUMO: *Podocnemis erythrocephala* é a menor espécie do gênero e uma das três espécies mais capturadas para o consumo humano na bacia do Rio Negro. Os objetivos deste estudo foram (1) estudar a abundância relativa da população e os fatores que a influenciam; (2) caracterizar a estrutura populacional quanto ao comprimento da carapaça, razão sexual e a proporção de indivíduos imaturos na área de estudo e verificar a influência dos métodos de amostragem e dos fatores ambientais sobre estes parâmetros. As amostragens ocorreram desde novembro de 2003 a fevereiro de 2008 no rio Ayuanã, no médio Rio Negro, estado do Amazonas, Brasil. Para as capturas foram utilizadas as técnicas de mergulho livre e *trammel nets*. O dimorfismo sexual de tamanho foi confirmado, as fêmeas foram maiores e mais pesadas do que os machos. O método de amostragem influenciou sobre o tamanho, razão sexual, percentual de juvenis e no índice de captura por esforço. A população de *P. erythrocephala* é caracterizada por uma razão sexual de 0,41♂:1♀ e por ter 40% (indivíduos) imaturos. As taxas de recapturas foram inferiores a 22% durante o estudo apesar de terem sido marcados 4.111 indivíduos indicando que apenas uma pequena parcela da população foi capturada. A baixa densidade humana na região (um habitante para cada 3,4 km<sup>2</sup>) associada a locais de reprodução distribuídos ao longo de todo o rio provavelmente contribuem para o grande número de indivíduos encontrados. No entanto as populações naturais de *P. erythrocephala* precisam ser monitoradas a longo prazo na região, pois o consumo desta espécie é uma realidade e o seu efeito na população só pode ser observado a longo prazo.

PALAVRAS CHAVE: ecologia populacional, dinâmica populacional, tartaruga de água-doce, Rio Negro, Amazônia.

O CONSUMO da carne e ovos de quelônios pelo homem é uma prática comum na Amazônia brasileira e a principal ameaça às suas populações (Mittermeier, 1975; Vogt, 2001; Ossa-Velásquez, 2008). Todas as espécies da família Podocnemididae são utilizadas para este fim (Klemens e Thorbjarnarson, 1995; Vogt, 2001; Pezzuti, 2003; Kemenes e Pezzuti, 2007; Ossa-Velásquez, 2008; Páez *et al.* 2009) e estão listadas como vulneráveis, com exceção de *Podocnemis expansa* que aparece classificada como de baixo risco (IUCN, 2009).

Existem alguns estudos sobre populações das espécies deste gênero (Ramo, 1982; Fachín-Terán *et al.* 2003; Pezzuti, 2003; Fachín-Terán e Vogt, 2004; Ossa-Velásquez, 2008; Restrepo *et al.* 2008) mas estes são, ainda, insuficientes para compreender o grau de ameaça de cada população e de todos os fatores relacionados. O monitoramento de populações ocorre apenas para *Podocnemis sextuberculata* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, estado do Amazonas, Brasil (Fachín-Terán *et al.*, 2003). Nesta reserva foi constatada uma população com um maior número de machos adultos em relação às fêmeas e uma proporção maior de indivíduos adultos em relação aos imaturos. Em dois anos de monitoramento houve redução no número de *P. sextuberculata* capturadas em cinco pontos de amostragem no entorno da RDS Mamirauá (Fachín-Terán *et al.*, 2003). Em outros locais existe apenas o monitoramento da população de fêmeas adultas de *Podocnemis* através de uma avaliação do número de ninhos produzidos em áreas protegidas (Cantarelli, 2006). No entanto a simples contagem de ninhos é um método limitado por não trazer informações sobre importantes características da população que podem influir em sua recuperação ou declínio, como a sua estrutura populacional, razão sexual de adultos e o percentual de juvenis. Estas características podem ajudar a compreender melhor o efeito de cada tipo de impacto sobre a população (Ernst, 1974; Close e Seigel, 1997; Gibbs e Shriver, 2002;

Fachín-Terán *et al.*, 2003; Marchand e Litvaitis, 2004; Steen e Gibbs, 2004) mas o método empregado para determiná-las pode influir sobre elas resultando em estimativas incorretas (Gibbons 1990; Fachín-Terán *et al.* 2003; Steen e Smith, 2006).

A razão sexual desbalanceada em favor de um dos sexos em quelônios tem sido muito discutida na literatura. As razões apontadas para este fato são métodos de amostragem com uma probabilidade maior de captura para indivíduos de um determinado sexo (Gibbons, 1990; Steen e Smith, 2006), baixo número de indivíduos analisados em uma população (Bury, 1979), diferenças na idade e no tamanho de maturidade sexual entre machos e fêmeas (Gibbons, 1990; Girondot e Pieau, 1993), diferença nas taxas de mortalidade e de longevidade entre os sexos (Gibbons, 1990; Girondot e Pieau, 1993) ou desvios na razão sexual em filhotes de espécies com determinação do sexo dependente da temperatura (Janzen e Pautkis, 1991). Em espécies do gênero *Podocnemis* populações com mais machos do que fêmeas foram observadas para *P. sextuberculata* (Fachín-Terán, *et al.*, 2003) e *P. unifilis* (Fachín-Terán e Vogt, 2004).

Os estudos sobre *Podocnemis erythrocephala* ainda estão limitados a aspectos de sua ecologia reprodutiva (Mittermeier e Wilson, 1974; Vanzolini, 1977; Castaño-Mora, 1997; Vogt, 2001; Castaño-Mora *et al.*, 2003; Novelle, 2006; Batistella e Vogt, 2008) e uso por populações tradicionais (Pezzuti, 2003; Ossa-Velásquez, 2008). Os objetivos deste estudo foram: (1) estudar abundância de uma população de *Podocnemis erythrocephala*, relativa ao esforço de captura, e alguns fatores que a influenciam; (2) caracterizar a estrutura populacional de tamanho, razão sexual e proporção de indivíduos imaturos na área de estudo e avaliar a influência dos métodos de amostragem e dos fatores ambientais sobre destes parâmetros.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área de estudo*

O rio Ayuanã localiza-se na margem direita do Rio Negro, no município de Santa Isabel do Rio Negro, estado do Amazonas, Brasil (00° 32' 32,6" S, 64° 55' 23,0" W). É um rio de água preta, segundo a classificação de Junk (1983), com baixo pH e pouca produtividade. As cotas da água foram obtidas a partir da base de dados da Agência Nacional de Água (ANA, 2009). O nível da água do Rio Negro na região apresenta um típico padrão de estações de cheia (maio a julho) e de seca (outubro a fevereiro) podendo oscilar mais de sete metros ao longo de um ano (ANA, 2009). Embora a estação de cheia e seca tenha sido inferida pelo padrão típico do regime do Rio Negro nos últimos 40 anos (ANA, 2009), o nível da água na estação seca chegou a apresentar níveis característicos de cheia durante este estudo. A temperatura média anual nesta região do rio Negro é de 27 C (Walter, 1986). A quantidade média anual de chuvas na região, medida na comunidade Tapuruquara, distante 50 km ao norte do rio Ayuanã, desde 1982 até 2008 é de 2419 mm/ano, variando de 1844 a 2957 mm/ano (ANA, 2009). A maior quantidade de chuvas ocorre de março a abril. Os meses menos chuvosos são agosto e setembro (ANA, 2009). A vegetação encontrada em seu entorno é composta por floresta alagada e por campinas, praias de areia e por florestas de igapó mortas devido à queimadas que aparecem durante a estação seca. Os ambientes aquáticos encontrados são floresta alagada, lagos, remansos, ressacas (braços do rio com água parada na seca) e paranás (canais alternativos do curso do rio).

### *Métodos de amostragem*

Para as capturas foram utilizadas *trammel nets* (Vogt, 1980b). Elas são malhadeiras com 100 metros de comprimento por dois metros de altura sendo compostas por duas malhas, brancas maiores, externas, e uma malha azul escura menor, interna.

As malhas externas mantêm-se esticadas por chumbo na porção inferior e por bóias na porção superior determinando a altura da *trammel net*. A malha interna é mais alta do que as malhas externas e não permanece estendida completamente. O quelônio é capturado em um saco que se forma quando tenta passar por ela. Três tamanhos de malhas internas foram utilizados 11, 18 e 21 cm de distância entre nós (TN11, TN18 e TN21, respectivamente). As *trammel nets* foram colocadas em 180 locais com pouca ou nenhuma correnteza entre as 0600h e 1800h sendo revisadas a cada três horas. Nos pontos de coleta foram tomadas três medidas de profundidade com o auxílio de uma trena a qual um peso foi fixado. Uma medida foi tomada a 50 metros da margem e duas outras distantes vinte metros de cada margem, sempre junto à *trammel net*. Cada local foi amostrado em média  $3,8 \pm 5,4$  dias (1-30 dias) pois a variação do nível da água do rio impediu a instalação das *trammel nets* em todos os locais em todas as épocas de amostragem. Este método permite a captura de indivíduos com uma amplitude maior de tamanho, se comparada às malhadeiras com uma malha apenas, de náilon ou plástico, utilizadas como um dos métodos de captura por Fachín-Terán *et al.* (2003) no médio Solimões para a captura de *Podocnemis sextuberculata*. O esforço de captura foi calculado multiplicando o tempo que as *trammel nets* permaneceram na água pelo seu número, que variou de um a quatro dependendo da largura do corpo d'água, e representado como (TN/hora). Para cada animal capturado foram registrados o tamanho da malha interna e a coordenada do local de captura. O mergulho livre com o auxílio de máscaras de mergulho também foi empregado durante os períodos de maior seca do rio Ayuanã.

#### *Pontos amostrados*

Duas localidades foram amostradas intensivamente no decorrer do estudo (Anexo I). A primeira delas, Tabocal, inicia-se na confluência do rio Ayuanã como Rio Negro e

estende-se linearmente por quatro quilômetros a montante do rio Ayuanã. A segunda delas, Peixe-Boi, situa-se 54 km rio Ayuanã adentro ou 26,6 km lineares desde a foz do rio. Adicionalmente foram amostradas onze localidades dentro do rio Ayuanã, distribuídas ao longo de 148,5 km (ou 65,5 km lineares). Em quatro ocasiões um lago em uma ilha do Rio Negro, localizada 6,5 km a jusante do rio Ayuanã foi amostrado. Um ponto dentro do rio Jurubaxi vizinho ao Ayuanã também foi amostrado.

#### *Morfometria e marcação*

Os animais capturados foram pesados com uma balança PESOLA® ( $\pm 20g$ ), medidos com régua pediátrica ( $\pm 1mm$ ) em seu comprimento máximo retilíneo da carapaça (CMRC), comprimento máximo retilíneo do plastrão (CMRP), largura máxima retilínea da carapaça (LMRC), altura máxima retilínea da carapaça (AMRC) e, com um paquímetro analógico de precisão MITUTOYO® ( $\pm 0,1mm$ ) em sua largura máxima retilínea da cabeça (LMRCab). Cada animal foi marcado com uma combinação única de cortes e furos em seus escudos marginais adaptando-se o método sugerido por Cagle (1939).

#### *Períodos de amostragem*

As capturas ocorreram em seis estações entre novembro de 2003 e fevereiro de 2008. O nível da água no Rio Negro durante o período de amostragem variou de 3,4 a 10,6 m (Tabela 1; ANA, 2009)

#### *Análises dos dados*

Para comparar a razão sexual dos adultos e a proporção de juvenis em relação aos adultos na população foi utilizada a percentagem de recaptura obtida a partir da fórmula:  $R = [(T-I)/I]*100$ , onde R é o percentual de recapturas, T é o número total de capturas e I é o número inicial de capturas (Reehl *et al.*, 2006). Este método

pressupõe que se um indivíduo tem uma chance igual de ser recapturado, deve ter também uma chance igual de ser capturado inicialmente. Reehl *et al.* (2006) propõem que o número de indivíduos capturados do sexo cujo percentual de recapturas seja menor seja multiplicado pelo percentual de recapturas do outro sexo e dividido pelo número de indivíduos do outro sexo. O mesmo vale quando comparamos as capturas de juvenis e adultos.

A taxa de recaptura entre estações, inferior a 10% para machos e fêmeas, impossibilitou o uso de métodos de marcação e recaptura para a estimativa dos parâmetros populacionais (O'Brien *et al.*, 2005; Cooch e White, 2008). Para comparar o tamanho médio dos animais capturados pelo tamanho de malha da *trammel net* foi utilizada uma ANOVA. O tamanho de malha da *trammel net* foi classificado quanto às três categorias de tamanhos da malha interna (11, 18 e 21cm de distância entre nós). Os ambientes aqui analisados foram classificados em duas categorias: (1) locais com profundidade d'água não superior a dois metros e com largura máxima de 100m, (2) locais com profundidade d'água superior a dois metros e com largura superior a 100m. A comparação de tamanho entre as medidas morfológicas entre machos e fêmeas foi realizada através de ANOVA e de ANCOVA tendo o CMRC como covariável. A comparação do índice de captura entre localidades (Fig. 2) foi feita através do teste Kruskal-Wallis. A diferença de índice de captura entre os dois tipos de ambientes foi comparada através do teste "U" de Mann-Whitney. As relações entre o índice de captura, razão sexual e o nível do rio foram testadas apenas para a foz do rio Ayuanã, a partir dos dados da ANA (2009) para o Rio Negro na região, através de regressão linear simples (Zar, 1999). O mesmo não pode ser feito para pontos distantes mais do que 10 km da foz do Ayuanã pois a variação do nível da água do rio não depende necessariamente do nível da água do Rio Negro. Para verificar se existe alguma relação entre a

distância da foz do rio Ayuanã e a razão sexual e a proporção de juvenis nove localidades, distribuídas ao longo de 148,5 km de rio, amostradas durante dois dias cada em fevereiro de 2005, foram testadas através de regressão linear simples tendo a distância à foz como variável independente. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa Systat 11®.

#### RESULTADOS

Durante o estudo foram marcados 4.432 animais sendo 1.206 machos, 2.463 fêmeas e 763 imaturos. Deste total, 166 machos, 315 fêmeas e 42 imaturos foram recapturados uma única vez, 13 machos e 37 fêmeas foram recapturados duas vezes e três machos e uma fêmea foram recapturados três vezes. A taxa de recaptura no acampamento Peixe-Boi foi de 21,1% para as fêmeas, 19,8% para os machos e 6,2% para os imaturos. No acampamento Tabocal esta taxa foi de 21,3% para as fêmeas, 18,2% para os machos e 6,2% para os juvenis. Estas taxas de recaptura incluem indivíduos recapturados dentro de uma mesma estação de captura. No entanto a taxa de recapturas entre as estações de captura foi inferior a 10% para machos, fêmeas e indivíduos imaturos (Anexo II).

O tamanho médio das fêmeas adultas foi 257,6 mm CMRC. A maior fêmea encontrada mediu 322 mm CMRC e pesou 2750 g (Tabela 2). O tamanho médio dos machos adultos foi 207,3 mm CMRC. O maior macho mediu 244 mm CMRC, 211 mm CMRP e pesou 1250 g (Tabela 2). Todas as medidas morfométricas (CMRC, LMRC, CMRP, LMRCab, AMRC) e peso foram menores para os machos em relação às fêmeas ( $P < 0,05$ ; Tabela 2). Quando esta diferença foi comparada novamente entre todas as medidas através de uma ANCOVA, utilizando-se CMRC como covariada (Tabela 3), os machos tiveram a largura da carapaça significativamente maior do que a das fêmeas. As fêmeas tiveram um CMRP, AMRC e peso

significativamente maiores do que os machos. O tamanho da cabeça não variou entre os sexos.

Apenas 71 irapucas foram capturadas através de mergulho durante o estudo. O número máximo de indivíduos capturados através de mergulho foi 21 em um único dia enquanto a média foi de 5,6 indivíduos/dia. Utilizando *trammel nets* foi possível capturar até 183 indivíduos em um só dia. O tamanho da malha das *trammel nets* utilizadas influenciou no tamanho de *P. erythrocephala* capturadas (ANOVA:  $n = 4.596$ ;  $gl = 2$ ;  $F = 1.398$ ;  $P < 0,001$ ). O teste *post hoc* de Tukey aponta diferença de CMRC ( $P < 0,001$ ) entre os animais capturados utilizando-se TN18 e TN21 com os capturados com TN11, mas não entre tamanhos de malha TN18 e TN21 ( $P = 0,545$ ). Quando o mergulho é incluído na análise a diferença entre TN11, TN18 e TN21 se mantém (ANOVA:  $n = 4.672$ ;  $gl = 3$ ;  $F = 1.153$ ;  $P < 0,001$ ). O teste *post hoc* de Tukey aponta diferença de CMRC entre o mergulho e todos os tamanhos de malha utilizados ( $P < 0,001$ ) (Fig. 1).

A razão sexual dos indivíduos capturados através de mergulho e TN11 foi significativamente desbalanceada em favor dos machos enquanto o inverso ocorreu entre os indivíduos capturados com TN18 e TN21 (teste Qui-quadrado;  $P < 0,01$ ). Não houve diferença entre a razão sexual de indivíduos capturados através de mergulho ou TN11 (Fig. 1). A razão sexual também não diferiu entre as *trammel nets* TN18 e TN21 (Fig. 1).

A proporção de imaturos em relação ao total de capturas diferiu entre todos os métodos acima mencionados (teste Qui-quadrado;  $P < 0,01$ ) com exceção da comparação feita entre as TN18 e TN21 (teste Qui-quadrado;  $P > 0,5$ ) (Fig. 1). Os métodos mergulho e TN11 tiveram as maiores proporções de indivíduos juvenis (79 e 62%, respectivamente). As proporções de imaturos encontradas na população quando utilizadas TN18 e TN21 foram 9 e 8% respectivamente.

O CMRC foi maior para a localidade Tabocal em relação à localidade Peixe-Boi para machos e fêmeas e também foi maior quando comparados os CMRCs das fêmeas entre todos os pontos do rio Ayuanã em relação à localidade Peixe-Boi (ANOVA machos;  $n = 835$ ;  $gl = 2$ ;  $F = 984$ ;  $P < 0,05$ ; ANOVA fêmeas;  $n = 1.868$ ;  $gl = 2$ ;  $F = 24.098$ ;  $P < 0,001$ )(Fig. 2). O tamanho dos machos adultos do rio Ayuanã foi maior do que o dos machos adultos do rio Jurubaxi mas não houve diferença de tamanho entre os machos do rio Ayuanã e o Rio Negro ou entre o Rio Negro e o rio Jurubaxi (Tabela 4). As fêmeas adultas foram maiores no rio Ayuanã em relação às capturadas no rio Jurubaxi e entre as capturadas no Rio Negro e rio Jurubaxi (Tabela 4). O sumário estatístico do CMRC para cada localidade está resumido no Anexo III.

Durante todo o estudo o índice de captura foi de 0,59 animais/hora/TN. Este índice foi menor quando utilizadas as TN11 (0,26 animais/hora/TN) do que quando utilizadas as TN18 e TN21: 0,82 e 0,63 animais/hora/TN, respectivamente (teste de Mann Whitney comparando grupo 1 (TN11) com grupo 2 (TN18 e TN21);  $n = 314$ ;  $gl = 1$ ;  $U = 1.086$ ;  $P < 0,001$ ). Não houve diferença no percentual de recapturas entre TN18 e TN21 (teste de Mann Whitney;  $n = 108$ ;  $gl = 1$ ;  $U = 374$ ;  $P > 0,05$ ). Também foi observada durante o estudo a grande ocorrência de indivíduos imaturos em seis locais de captura. Estes locais tinham como característica uma profundidade menor e uma menor distância até a margem em relação aos locais restantes. Nestes locais a largura era inferior ao comprimento da *trammel net* e, portanto, esta não pode ser instalada perpendicularmente à margem. A eficiência de captura das TN11 nestes locais foi maior (0,31 animais/hora/TN) do que nos ambientes mais profundos e distantes da margem (0,14 animais/hora/TN) (teste de Mann Whitney,  $n = 121$ ;  $gl = 1$ ,  $U = 2389$ ;  $P < 0,001$ ). Por outro lado o índice de captura das TN18 foi maior em ambientes mais profundos e mais distantes da margem (0,928 animais/hora/TN) em

relação aos ambientes rasos e próximos à margem (0,320 animais/hora/TN) (teste de Mann Whitney,  $n = 154$ ;  $g/l = 1$ ;  $U = 771$ ;  $P < 0,001$ ).

Não foi encontrada uma relação entre a distância à foz do Ayuanã e a razão sexual ( $r^2 = 0,126$ ;  $n = 9$ ;  $F = 1,009$ ;  $P = 0,349$ ) nem entre a distância à foz e a proporção de juvenis ( $r^2 = 0,139$ ;  $n = 9$ ;  $F = 0,682$ ;  $P = 0,436$ ) (Fig. 3).

O índice médio de captura na foz do rio Ayuanã variou entre os meses de amostragem de 0,15 a 1,02 animais/hora/TN (Anexo IV). O índice de captura mensal na foz do rio Ayuanã utilizando-se TN11 esteve linearmente relacionado ao nível da água do rio ( $r^2 = 0,40$ ;  $n = 14$ ;  $F = 8,112$ ;  $P = 0,015$ ), diminuindo com o aumento do nível da água do rio (Fig. 4) Não houve relação entre o nível da água e o índice de captura mensal na foz do rio Ayuanã para TN18 ( $r^2 = 0,04$ ;  $n = 14$ ;  $F = 0,472$ ;  $P = 0,505$ )(Fig. 4). A razão sexual também variou entre os meses de amostragem, de 0,13♂:1♀ a 1,72♂:1♀. A maior proporção de machos ocorreu em julho e agosto de 2005, quando o nível da água do rio Ayuanã começou a baixar após um período de dois meses de cheia. Quando consideradas apenas as capturas dos meses secos a razão sexual obtida através de TN18, mas não através de TN11, esteve relacionada ao nível do rio ( $r^2 = 0,37$ ;  $n = 13$ ;  $F = 6,474$ ;  $P = 0,027$ ) (Fig. 5).

Considerando que a probabilidade de captura de machos, fêmeas e juvenis não foi homogênea durante o estudo pois dependeu do método de amostragem, do local, do nível da água e da estação (cheia ou seca) na Tabela 5 são apresentados os resultados obtidos quanto ao número absoluto de capturas e recapturas e os valores corrigidos segundo Reehl *et al.* (2006). Após a correção a razão sexual manteve-se desbalanceada em favor dos machos mas a proporção de juvenis em relação ao total de indivíduos na população aumentou de 17-19% para 39-43%.

#### DISCUSSÃO

As *trammel nets* foram o método mais utilizado e o mais eficiente para a captura de

*P. erythrocephala*. Com elas foi possível capturar indivíduos de todas as classes de tamanho acima de 100 mm CMRC e a distribuição final por classes de tamanho apresentou uma curva normal. A desvantagem deste método é que ele não permitiu a captura de quelônios dentro da floresta inundada, pois não é possível utilizá-lo em locais com correnteza. A técnica de mergulho é muito empregada do rio Ayuanã para a captura de quelônios pelos moradores da região, mas ela só pode ser utilizada na estação seca. A diferença de tamanho de quelônios capturados utilizando-se tamanhos de malha diferentes já havia sido registrada para *Podocnemis sextuberculata* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (Fachín-Terán *et al.*, 2003) e ocorreu novamente neste estudo. As TN11 capturaram indivíduos menores do que as TN18 e TN21. Diferente do estudo de Fachín-Terán *et al.* (2003) a razão sexual diferiu entre os métodos de captura neste estudo. Mais machos foram capturados com TN11 em relação às fêmeas. Este fato pode ser explicado pela seletividade de tamanho das *trammel nets* de tamanhos diferentes e pelo dimorfismo sexual de tamanho de *P. erythrocephala* com machos sendo menores do que as fêmeas. O índice de captura com as TN11 também foi menor do que o das TN18 e TN21.

Diferenças na probabilidade de captura entre métodos distintos são bem conhecidas para quelônios. Ossa-Velásquez (2008) afirma que o método de captura com isca e arpão, ou “jaticá” (Pezzuti, 2003), foi mais eficiente para a captura de *Peltocephalus dumerilianus* em relação às *trammel nets* e às *fyke nets* (Vogt, 1980b). Mesmo tendo amostrado em um ambiente similar ao do estudo de Ossa-Velásquez (2008) foram capturados apenas 10 indivíduos de *P. dumerilianus*, resultando num índice de captura 0,0007 animais/hora/TN. As *trammel nets* tiveram uma eficiência de captura variando de 0,26-0,82 animais/hora/TN para *P. erythrocephala* neste estudo, valor similar aos 0,30-0,57 animais/hora/TN encontrados por Fachín-Terán *et al.*

(2003) na para *P. sextuberculata*. No estudo de Fachín-Terán *et al.* (2003) houve apenas 3,5% de recapturas mas a área amostrada e o intervalo de tempo entre as estações de captura foi maior.

As TN11 tiveram uma maior eficiência de captura em locais com profundidades inferiores a dois metros em ambientes estreitos ou próximos às cabaceiras de lagos ou ainda próximos à margem. A sua eficiência de captura diminuiu com o aumento do nível da água do rio Ayuanã. Elas são mais eficazes para a captura de indivíduos de tamanho menor, ou seja, machos e imaturos. Durante o mergulho foi possível observar que indivíduos imaturos de *P. erythrocephala* são encontrados sob folhas ou sob troncos no fundo de ressacas, lagos e remansos. Este tipo de microhabitat foi observado sempre próximo às margens dos ambientes aquáticos amostrados. Nas porções mais profundas e afastadas da margem dos corpos d'água do rio Ayuanã o substrato torna-se arenoso e com poucos troncos que possam oferecer refúgio à *P. erythrocephala*. Por outro lado, a maior taxa de captura de indivíduos maiores, principalmente machos e fêmeas, ocorreu em ambientes profundos utilizando-se TN18 e TN21. A variação do nível da água do rio Negro não esteve diretamente relacionada ao índice de captura destas TN. Ernst (1976) atribui a baixa taxa de recaptura de *Clemmys guttata* ao seu hábito furtivo ou, possivelmente, pela maior taxa de mortalidade entre as classes de tamanho menores. Gibbons (1968) também atribui a baixa ocorrência de indivíduos de classes de tamanho menores de *Emydoidea blandingi* a diferenças de comportamento e de amostragem seletiva em função do tamanho. Ramo (1982) verificou uma segregação em classes de tamanho entre os diferentes habitats utilizados por *Podocnemis vogli* durante a estação seca, dependendo do volume de água. Fachín-Terán *et al.* (2003) relaciona a baixa proporção de juvenis de *Podocnemis sextuberculata* à coleta de ninhos nas praias de desova pelos moradores da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.

No entanto as áreas de desova de *P. erythrocephala*, campinas e praias de rio (Batistella e Vogt, 2008), são mais diversas e espalhadas ao longo de todo o rio Ayuanã e a densidade humana na região é baixa: um habitante para cada 3,4 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). No rio Ayuanã não existem comunidades ribeirinhas, apenas acampamentos esparsos de pescadores de peixe ornamental e, portanto, a coleta de ovos deve ser bem inferior aos quase 100% encontrados por Pezzuti e Vogt (1999) na RDS Mamirauá. Sem utilizar o fator de correção de Reehl *et al.* (2006) a proporção de imaturos de *P. erythrocephala* encontrada no rio Ayuanã aproxima-se bastante da encontrada por Fachín-Terán *et al.* (2003) para *P. sextuberculata*. No entanto a menor taxa de recaptura dos indivíduos imaturos de *P. erythrocephala*, a sua preferência por habitats rasos próximos à margem e os baixos índices de captura das TN11, em comparação com as TN18 e TN21, evidenciam que o número de imaturos na população deva ser maior do que o encontrado. Portanto a proporção de juvenis em relação ao total de indivíduos da população corrigida encontrada para *P. erythrocephala* no rio Ayuanã foi de 40%.

A taxa de recaptura entre anos ou entre estações de captura em um intervalo de três meses foi menor do que 10% durante o estudo. A utilização de métodos clássicos de estimativa de densidade e mortalidade não é recomendável quando a taxa de recaptura é menor do que 20% (O'Brien *et al.*, 2005). Dentre os quelônios da família Podocnemididae estimativas de densidade são conhecidas apenas para *Peltocephalus dumerilianus* (Ossa-Velásquez, 2008) e para *P. vogli* (Ramo, 1982). Fachín-Terán *et al.* (2003) utilizaram o índice de captura por esforço para quantificar a abundância de *P. sextuberculata* e comparar esta abundância relativa entre diferentes localidades. Restrepo *et al.* (2008) utilizaram a contagem de indivíduos assoreando por quilômetro de margem como uma estimativa de abundância de *Podocnemis lewyana* em rios da Colômbia. A abundância relativa de *P.*

*erythrocephala*, calculada em animais/hora/TN, variou entre os métodos de captura e entre os meses de amostragem, estando diretamente relacionada ao nível da água quando consideradas apenas as capturas com TN11. Como as TN11 são mais eficientes para captura de indivíduos com tamanhos menores, que preferem ambientes mais rasos e próximos à margem, o aumento do nível da água do rio provavelmente provoque o seu deslocamento para outros locais propícios, tais como as florestas alagadas. Programas de monitoramento para *P. erythrocephala* podem ser feitos utilizando abundância relativa, mas o nível da água do rio durante o monitoramento deve ser preferencialmente o mesmo entre os anos. O esforço de captura padronizado por tamanho de malha das *trammel nets*, se realizado em todos os ambientes aquáticos disponíveis, pode produzir dados quantitativos comparáveis de índices de capturas além de informações importantes sobre o tamanho médio de indivíduos adultos, razão sexual e proporção de juvenis. Impactos causados pela captura de quelônios pela população humana podem ser comparados através da estrutura de tamanho entre áreas com diferentes graus de impacto (Close e Seigel, 1997).

A razão sexual desbalanceada em favor de fêmeas no rio Ayuanã aparentemente não foi apenas causada pelo método de amostragem. O número de machos capturados foi menor e a taxa de recaptura foi maior, indicando que um maior número de indivíduos marcados deste sexo em relação ao número de fêmeas marcadas. Bury (1979) também aponta como motivo para uma razão sexual desbalanceada em favor de um dos sexos o baixo número de indivíduos capturados. Segundo Bury (1979) estudos sobre razão sexual de quelônios nos quais menos do que 100 indivíduos foram capturados devem ser vistos com cautela. No presente estudo o número de indivíduos de cada sexo capturados foi mais do que 10 vezes superior. A razão sexual desbalanceada em favor de um dos sexos do rio Ayuanã,

corrigida pelo método de Reehl *et al.* (2006), de 0,41♂:1♀, parece ser a regra para o gênero *Podocnemis*. No entanto os estudos realizados até o momento demonstram uma proporção maior de machos em relação às fêmeas. Fachín-Terán *et al.* (2003) atribui a maior proporção de machos de *P. sextuberculata* à captura de fêmeas adultas nas praias durante a desova. Uma maior proporção de machos de *P. unifilis* foi encontrada por Fachín-Terán e Vogt (2004) no rio Guaporé. Os autores atribuem este desvio na razão sexual de *P. unifilis* às baixas temperaturas nas áreas de desova da região, pois esta espécie apresenta o mecanismo de determinação do sexo dependente da temperatura (Souza e Vogt, 1994), ou ainda à mortalidade diferencial de fêmeas quando estas saem para desovar. Ramo (1982) também encontrou uma razão sexual desbalanceada em favor dos machos em uma população de *Podocnemis vogli* na Venezuela e também atribui este fato à captura preferencial de fêmeas pelos moradores da região. O mecanismo de determinação do sexo dependente da temperatura de incubação dos ovos também já foi demonstrado para *P. erythrocephala* (Vogt, 2001). Novelle (2006) encontrou uma razão sexual de 1♂:1♀ para filhotes recém-nascidos *P. erythrocephala* no rio Ayuanã, mas os filhotes nasceram todos da mesma campina e em um único ano. Portanto a hipótese de uma razão sexual desbalanceada em favor das fêmeas entre os filhotes nascidos no rio Ayuanã não pode ser descartada como uma das causas desta mesma razão sexual entre os adultos. No rio Ayuanã o método de mergulho é muito empregado para a captura de *P. erythrocephala* para consumo humano. Como foi visto no presente estudo este método acaba sendo o responsável por uma taxa de captura maior de machos e juvenis em locais rasos. No entanto, esporadicamente redes de arrastão e anzóis com isca também são utilizados e o sucesso de captura destes métodos por classe de tamanho e sexo precisam ser ainda verificados.

TABELA 1. Períodos de amostragem, número de dias, estação e cota da água do Rio Negro (valores médios, desvio padrão e amplitude) durante o estudo de *Podocnemis erythrocephala* no rio Ayuanã.

Períodos de amostragem		Número de dias	Estação	Cota (m)
Dia início	Dia fim			
26-nov-03	2-dez-03	6	Seca	6,2 ± 0,1 (4,2-4,6)
6-nov-04	9-mar-05	123	Seca	5,7 ± 0,8 (4,3-7,1)
12-jul-05	3-ago-05	22	Cheia	7,9 ± 0,3 (7,3-8,2)
21-dez-05	8-fev-06	49	Seca	7,9 ± 0,5 (6,6-9,4)
18-out-06	13-dez-06	56	Seca	6,6 ± 0,8 (3,4-10,6)
22-jan-08	12-fev-08	21	Seca	6,5 ± 0,7 (5,3-7,6)

TABELA 2. Resumo das medidas morfométricas (mm) e do peso (g) de *Podocnemis erythrocephala* capturadas no rio Ayuanã. Indivíduos recapturados ou com marcas de injúrias nos escudos marginais da carapaça que alteram o seu tamanho original foram excluídos desta análise. CMRC (comprimento máximo retilíneo da carapaça), LMRC (largura máxima retilínea da carapaça), CMRP (comprimento máximo retilíneo do plastrão), AMRC (altura máxima retilínea da carapaça), Lcab (largura máxima retilínea da cabeça).

Sexo	Medida morfométrica					Peso
	CMRC	LMRC	CMRP	AMRC	Lcab	
<b>Fêmeas</b>						
<i>n</i>	2342	2341	2342	659	130	2342
Média	257,6	198,2	212,2	88,7	36,5	1489,9
Mínimo	222	162	174	67	31,7	780
Máximo	322	256	264	110	43	2750
DP	18,1	13,0	14,4	7,3	2,6	313,8
<b>Machos</b>						
<i>n</i>	1077	1077	1076	242	61	1075
Média	207,3	167,5	164,2	68,5	30,3	785,9
Mínimo	161	128	126	53	23,2	360
Máximo	244	218	221	85	34,7	1250
DP	15,5	11,9	11,6	5,4	2,2	146,8
<b>Machos e fêmeas imaturos</b>						
<i>n</i>	743	743	743	166	83	743
Média	159,7	128,5	133,4	55,4	23,9	462,5
Mínimo	44,6	37,2	37,6	24	17	12
Máximo	221	182	189	81	33,7	1100
DP	43,5	33,1	35,9	13,3	4,0	302,1

TABELA 3. Comparação entre as medidas morfométricas e peso de machos e fêmeas adultos de *P. erythrocephala* através de uma ANCOVA tendo o comprimento máximo retilíneo da carapaça como covariável. A comparação entre os pesos de machos e fêmeas foi feita com dados log transformados.

Medida	N	R <sup>2</sup>	gl	F	P
Largura máxima retilínea da carapaça (mm)	3551	0,94	1	135,4	**
Comprimento máximo retilíneo do plastrão (mm)	3551	0,98	1	1815,7	**
Altura máxima retilínea da carapaça (mm)	878	0,93	1	39,2	**
Largura máxima retilínea da cabeça (mm)	187	0,96	1	3,2	ns
Peso (g)	3563	0,96	1	171,5	**

\*\* =  $P < 0,001$ ; ns =  $> 0,05$ .

TABELA 4. Comparação entre o comprimento máximo retilíneo da carapaça de machos e fêmeas de *Podocnemis erythrocephala* capturados no rio Ayuanã, rio Jurubaxi e no Rio Negro.

Local	N	gl	U	P
Machos adultos				
Rio Ayuanã x rio Jurubaxi	1069	1	11251	ns
Rio Ayuanã x Rio Negro	1133	1	39754	*
Rio Negro x rio Jurubaxi	118	1	1295	ns
Fêmeas adultas				
Rio Ayuanã x rio Jurubaxi	2306	1	9026	ns
Rio Ayuanã x Rio Negro	2393	1	144274	**
Rio Negro x rio Jurubaxi	107	1	705	*

\*\* =  $P < 0,001$

\* =  $P < 0,05$

ns =  $P > 0,05$

TABELA 5. Número de *Podocnemis erythrocephala* capturadas, razão sexual (RS) percentual de imaturos (Im), número de recapturas, percentual de recapturas (R), número de capturas corrigidas supondo uma situação hipotética de um percentual de recapturas igual por sexo e razão sexual e percentual de imaturos resultantes deste ajuste.

Local/Sexo	Capturas iniciais	RS e Im	Recapturas	R	Capturas corrigidas	RS e Im corrigidos
Peixe-Boi						
Machos	336	0,51:1	71	21,1	336	0,48:1
Fêmeas	663		131	19,8	707	
Imaturos	227	19%	14	6,2	773	43%
Tabocal						
Machos	568	0,43:1	121	21,3	658	0,42:1
Fêmeas	1329		242	18,2	1555	
Imaturos	418	18%	26	6,2	1436	39%
Total Rio Ayuanã						
Machos	1063	0,46:1	196	18,4	1063	0,41:1
Fêmeas	2329		382	16,4	2618	
Imaturos	719	17%	39	5,4	2444	40%

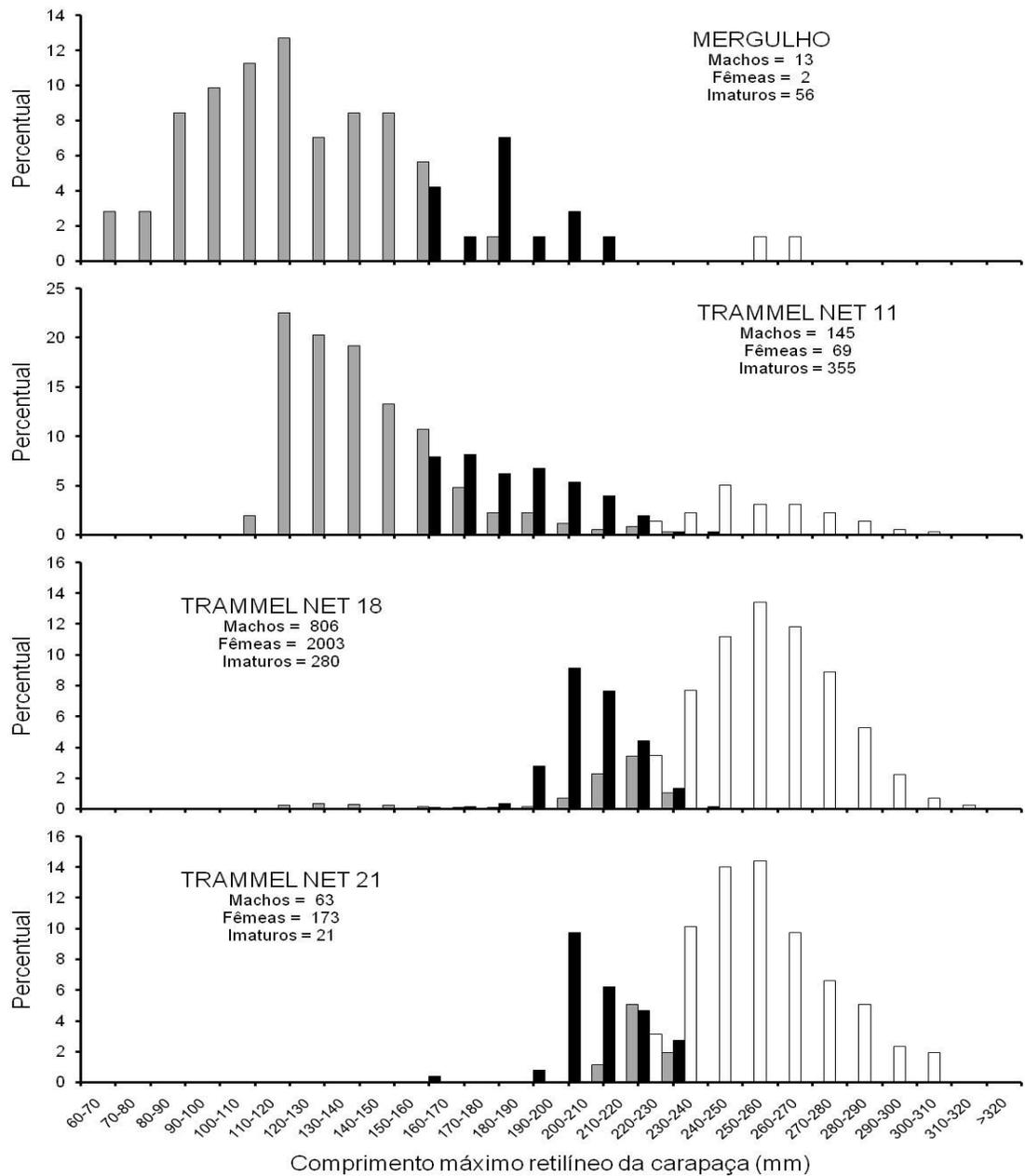


FIGURA 1. Comparação da distribuição de tamanhos de *Podocnemis erythrocephala* capturadas por método utilizado entre os anos de 2003 e 2008. Machos (colunas pretas), fêmeas (colunas brancas) e imaturos (colunas cinzas).

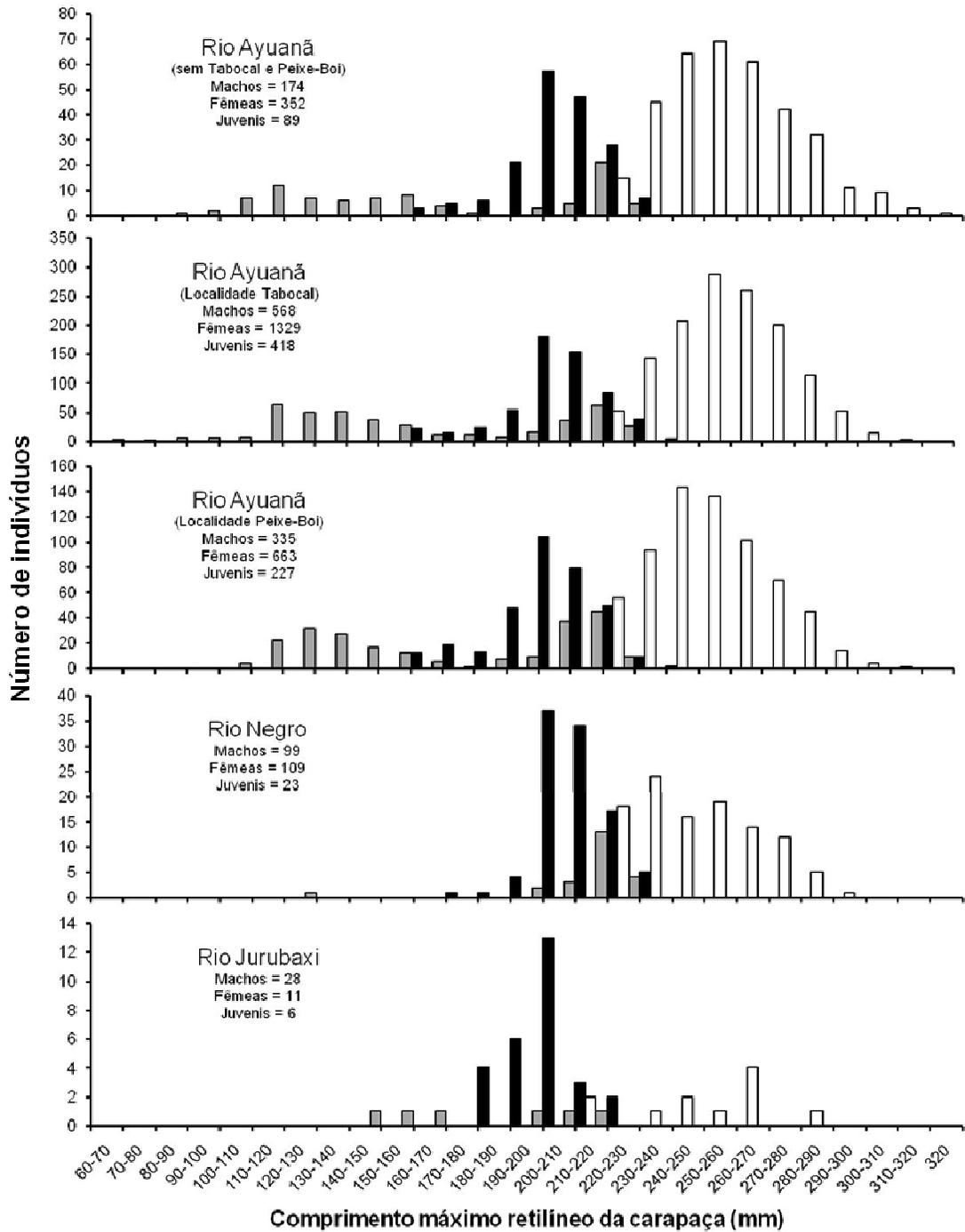


FIGURA 2. Comparação da distribuição de tamanhos de *Podocnemis erythrocephala* capturadas no rio Ayuanã, Rio Negro e rio Jurubaxi entre os anos de 2003 e 2008. Machos (colunas pretas), fêmeas (colunas brancas) e imaturos (colunas cinzas).

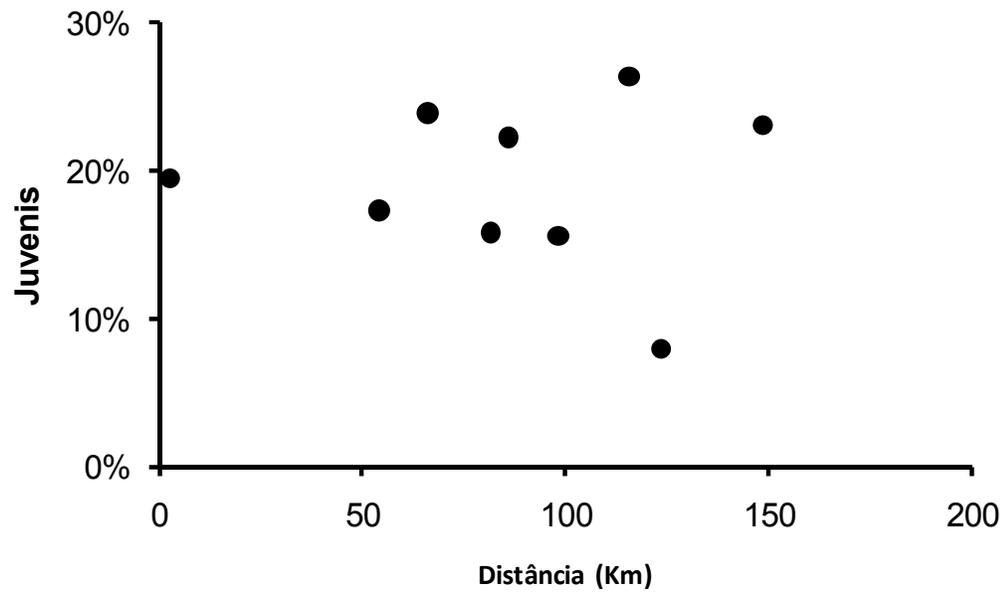
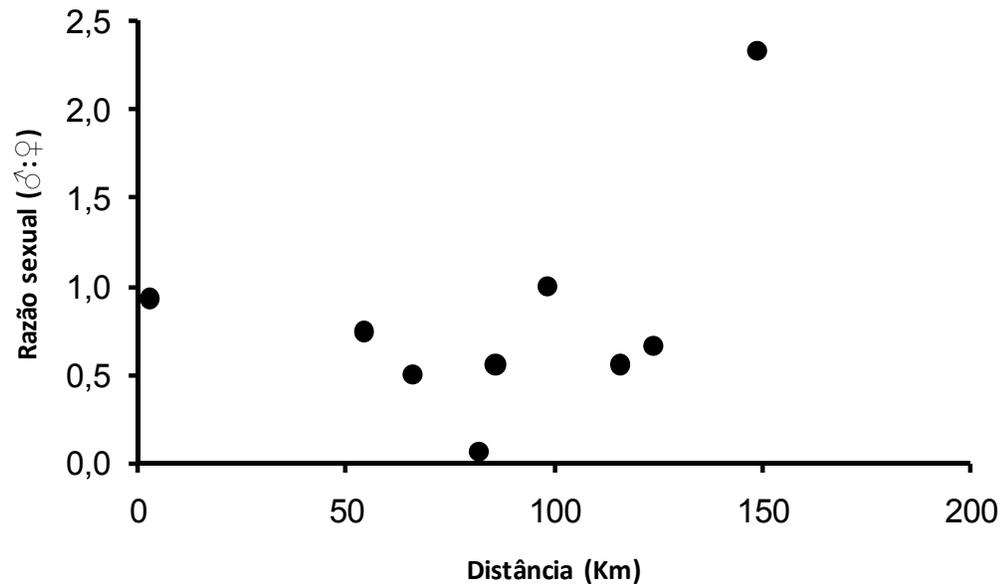


FIGURA 3. Razão sexual (macho:fêmea) e percentual de juvenis na população em nove locais de coleta ao longo de um trecho de 148,5 km ao longo da calha do rio Ayuanã em janeiro e fevereiro de 2005.

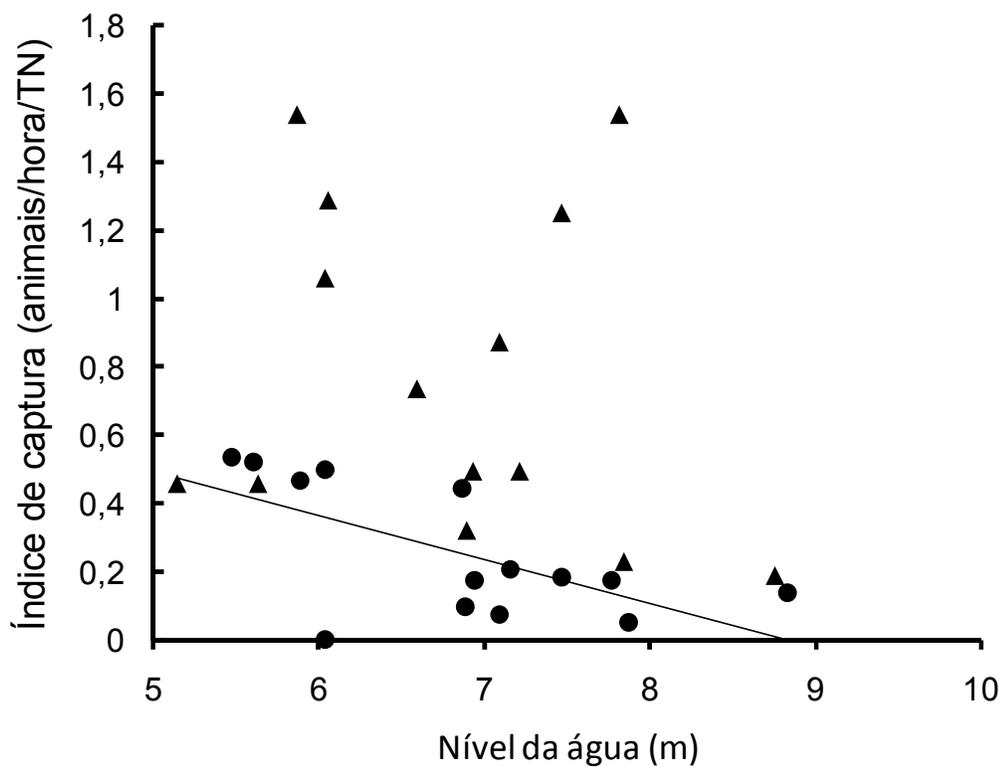


FIGURA 4. Relação entre o índice de captura mensal e o nível da água do Rio Negro durante os quatorze meses de amostrados por TN11 (círculos, linha de tendência) e TN18 (triângulos).

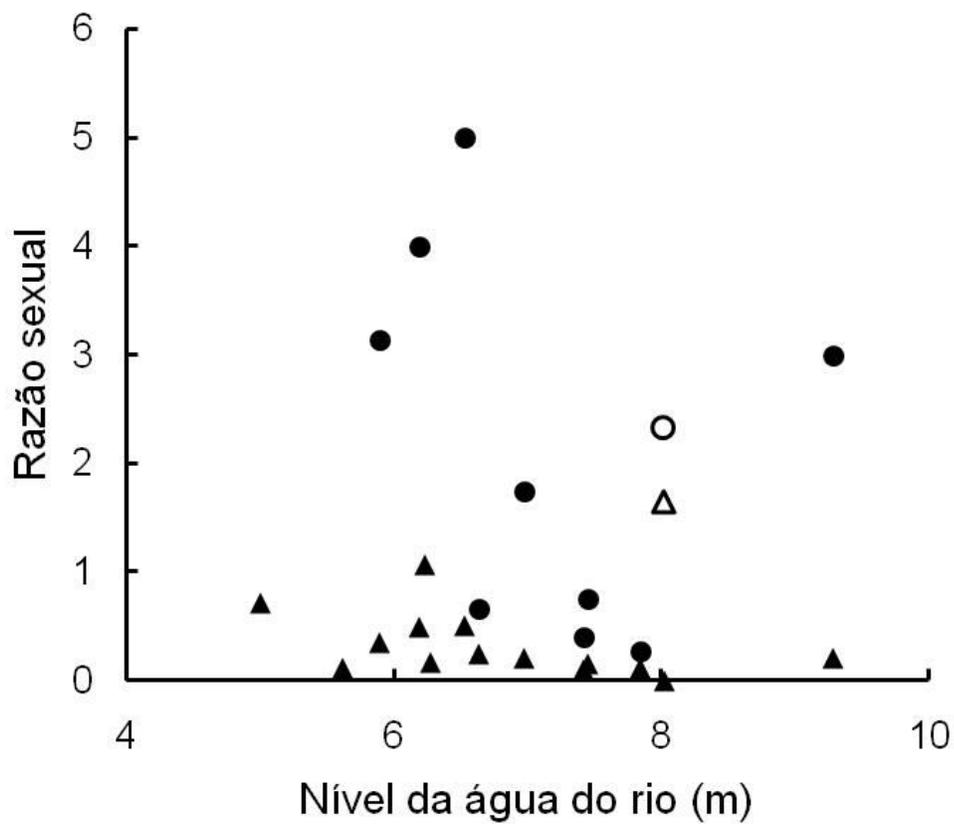


FIGURA 5. Relação entre a razão sexual ( $\sigma:\text{f}$ ) de cada mês e o nível da água médio na foz do rio Ayuanã. TN18 (triângulos), TN11 (círculos), estação seca (preto), estação cheia (branco).

Artigo 3.

PADRÃO DE MOVIMENTAÇÃO DE *PODOCNEMIS ERYTHROCEPHALA* NO RIO AYUANÃ,  
AMAZONAS, BRASIL.\*

RAFAEL BERNHARD<sup>1</sup> E RICHARD CARL VOGT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Curso de Pós-Graduação em Ecologia – Instituto Nacional de Pesquisas da  
Amazônia - Av. André Araújo, 2936 – Bairro Petrópolis – Manaus – Amazonas –  
Brasil – CEP 69060-001*

<sup>2</sup> *Coordenação de Pesquisa em Biologia Aquática - Instituto Nacional de Pesquisas  
da Amazônia - Av. André Araújo, 2936 – Bairro Petrópolis – Manaus – Amazonas –  
Brasil – CEP 69060-001*

<sup>3</sup> CORRESPONDÊNCIA: e-mail: rafbernhard@gmail.com

\* Submetido para Herpetologica

RESUMO: O padrão de movimentação de *Podocnemis erythrocephala* foi estudado de 2003 a 2008 em um trecho de 148,5 km lineares do rio Ayuanã, um tributário do médio Rio Negro, no estado do Amazonas, Brasil. Um lago em uma ilha no meio do Rio Negro e um ponto no rio Jurubaxi, vizinho ao rio Ayuanã também foram amostrados. A distância linear entre as capturas foi utilizada como medida de movimento para a espécie. A distância linear média percorrida pelas fêmeas foi maior do que a percorrida pelos machos. O número de recapturas e a probabilidade de captura próximo ao ponto de origem diminuíram com o aumento do tempo entre as recapturas. A distância máxima percorrida pelas fêmeas foi 28.546 m e a dos machos foi 27.416 m. Foi registrada a ocorrência de movimentos e fêmeas de dentro do rio Ayuanã para uma ilha no Rio Negro e no sentido inverso. Um caso de movimento entre o rio Ayuanã e o rio Jurubaxi também foi observado.

Palavras-chave: tartaruga, ecologia, Amazonas, Brasil

DETERMINAR o padrão de movimentação de uma espécie é importante para a sua conservação. O conhecimento da área de vida, incluindo os tipos de hábitat e a extensão de água e terra necessárias para suprir as suas necessidades, permite a elaboração de estratégias e leis mais eficientes de manejo para a sua conservação de espécies ameaçadas (Bodie, 2001; Semlitsch e Bodie, 2003; Moll e Moll, 2004; Rohe e Georges, 2007).

Existem ainda poucos estudos sobre a movimentação de quelônios de água doce (Moll e Lelger, 1971; Plummer e Shrier, 1975; Vogt, 1980a; MacCulloch e Secoy, 1983; Burke *et al.*, 1995; Magnusson *et al.*, 1997; Souza *et al.*, 2008). O padrão de movimentação é conhecido para algumas espécies da família Podocnemididae: *Podocnemis sextuberculata* (Fachín-Terán *et al.*, 2006); *Podocnemis expansa* (Pádua e Alho, 1982; von Hildebrand *et al.*, 1997); *Peltocephalus dumerilianus* (Ossa-Velásquez, 2008). Os quelônios de água doce amazônicos da família Podocnemididae têm a sua movimentação influenciada pelo ciclo anual de cheia e seca dos rios, lagos e florestas alagadas onde vivem. A procura por locais de desova na estação seca faz com que *Podocnemis sextuberculata* e *Podocnemis expansa* realizem migrações desde os seus locais de alimentação (florestas alagadas, lagos, igarapés) rumo às praias que surgem com a diminuição do nível da água dos grandes rios (Pádua e Alho, 1982; von Hildebrand *et al.*, 1997; Fachín-Terán *et al.*, 2006).

Segundo Pritchard e Trebbau (1984) *Podocnemis erythrocephala* habita rios e lagos de água preta na bacia do Rio Negro raramente sendo encontrada no canal principal do Rio Negro. Os únicos estudos sobre movimento desta espécie são o da saída da água das fêmeas para desovar em campinas e praias (Castaño-Mora *et al.*, 2003; Novelle, 2006). Atualmente é uma das três espécies mais consumidas pelos

moradores da região do Rio Negro, juntamente com *Peltocephalus dumerilianus* e *Podocnemis unifilis* (Pezzuti, 2003; Ossa-Velásquez, 2008).

O objetivo deste estudo foi estudar o padrão de movimentação de *Podocnemis erythrocephala* num pequeno tributário do médio Rio Negro.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no rio Ayuanã, no município de Santa Isabel do Rio Negro, estado do Amazonas, Brasil (00° 32' 32,6" S, 64° 55' 23,0" W). O rio Ayuanã é um rio de água preta (Junk, 1983), caracterizada pela sua cor escura, transparência e baixo pH (Schneider *et al.*, 2009). A sua largura é de aproximadamente 500 metros na confluência com o Rio Negro mas estreita-se ao longo do restante de sua extensão, variando de 40 a 100 metros. O tipo de vegetação predominante em suas margens são florestas inundadas com largura média variando e 1000 a 2000 m até a floresta de terra-firme. A área alagada corresponde a 12,8% da área total de sua bacia hidrográfica (Schneider *et al.*, 2009). Além da floresta inundada os ambientes de campina, áreas de floresta de igapó queimadas e praias (na estação seca) também são encontrados em suas margens ao longo de toda a sua extensão. Os principais ambientes aquáticos presentes ao rio Ayuanã são os paranás (canais alternativos perenes do curso do rio), ressacas (canais alternativos do curso do rio que podem apresentar características de remanso durante as estações de seca), lagos e remansos (locais com pouca correnteza) em suas margens. O nível da água do Rio Negro na região apresenta um típico padrão de estações de cheia (maio a julho) e de seca (outubro a fevereiro) podendo oscilar mais de sete metros ao longo de um ano (ANA, 2009). A temperatura média anual nesta região do rio Negro é de 27 C (Walter, 1986).

As capturas ocorreram desde novembro de 2003 até fevereiro de 2008 e foram divididas em seis estações de captura principais e representativas da variação do

nível da água da região (Fig. 1). A duração e o intervalo de tempo entre as estações de captura estão descritas no Artigo 2 desta tese. O rio Ayuanã foi amostrado em 13 locais, desde a sua foz até 148,5 km (ou 65,5 km lineares) a montante (Fig. 2). Dois deles, um na confluência com o Rio Negro (Tabocal) e outro distante 54,1 km (ou 26,6 km lineares) a montante (Peixe-Boi), foram amostrados intensivamente durante todo o período de estudo. Os 11 locais restantes foram amostrados com menor intensidade e não necessariamente em todas as estações de captura. Adicionalmente um lago dentro de uma ilha no meio do Rio Negro e um ponto no rio Jurubaxi distantes 6,5 e 40,3 km não lineares da confluência do rio Ayuanã, respectivamente (Fig. 2).

Os métodos de captura utilizados foram *trammel nets* (Vogt, 1980b) e mergulho. As *trammel nets* foram instaladas em todos os ambientes aquáticos com pouca ou nenhuma correnteza disponíveis num trecho de dois a três quilômetros lineares de rio, em ressacas, remansos e lagos. Os animais capturados foram medidos em seu comprimento máximo retilíneo da carapaça (CMRC) com um paquímetro pediátrico ( $\pm 1$  mm) e marcados com furos e cortes em seus escudos marginais (Cagle, 1939). O sexo de cada indivíduo foi determinado baseado na cabeça com manchas vermelhas e cauda maior dos machos e na ausência destas características nas fêmeas (Mittermeier e Wilson, 1974). Cada ponto de captura foi mapeado com o auxílio de um aparelho de sistema de posicionamento global (Garmin E-Trex®). O movimento, medido neste estudo, foi a distância linear entre os pontos de captura e recaptura (Lovich *et al.*, 1992).

Uma ANCOVA foi utilizada para verificar se há diferença entre os sexos na distância linear entre os pontos de captura utilizando o número de dias transcorridos entre as recapturas com covariada. As variáveis distância linear e número de dias foram logaritmizadas para ajustarem-se à premissa de homoscedasticidade. Uma ANOVA

foi utilizada para verificar diferença no deslocamento médio diário entre as capturas entre machos e fêmeas. O teste *t* foi utilizado para comparar possíveis diferenças no número de machos e fêmeas realizando movimentos rio acima e rio abaixo durante períodos de enchente e vazante do rio Ayuanã.

## RESULTADOS

Durante os cinco anos de estudo foram medidos os movimentos lineares de 512 indivíduos recapturados sendo 166 machos, 346 fêmeas e um indivíduo cujo sexo não pode ser determinado. O intervalo de tempo entre as recapturas variou de um a 1.520 dias.

O número de indivíduos recapturados a menos de 500 m do local de origem foi de 292 do total de 512 recapturas (Tabela 1). A proporção de indivíduos recapturados a menos de 500 m do local de origem em relação ao total de capturas para cada intervalo de tempo tendeu a diminuir com o passar dos anos entre as capturas (Tabela 2; Fig. 3). Entre as fêmeas esta proporção decresceu de 56% para indivíduos capturados no primeiro ano até 19% para o intervalo de tempo entre as recapturas entre 3 e 4 anos (Fig. 3). Esta tendência foi a mesma para os machos para os dois primeiros intervalos de anos mas aumentou novamente nos intervalos 2<3 e 3<4. No entanto poucos machos foram recapturados nestes intervalos de tempo e os poucos machos recapturados a menos do que 500 m da primeira captura podem ter superestimado o percentual para estes intervalos de tempo. O número de recapturas com distâncias lineares maiores do que 3.000 m, por outro lado, aumentou em relação ao total de recapturas, entre o primeiro e o último intervalo de anos (Fig. 3). Esta tendência, no entanto, não ocorreu de maneira linear, pois indivíduos próximos ao ponto de origem ainda puderam ser recapturados em intervalos de tempo maiores do que quatro anos ao mesmo tempo em que

aumentou o número de indivíduos capturados longe do ponto de origem com o passar dos anos (Fig. 4). O período das amostras entre anos sucessivos foi variável (Fig. 1) mas de forma aleatória e não deve ter influenciado nos resultados.

A distância média percorrida pelas fêmeas ao longo de todo o estudo ( $1.268 \pm 2.948$  m) foi maior do que a percorrida pelos machos ( $1.102 \pm 3.997$  m) mesmo considerando o intervalo de tempo entre as recapturas como uma covariada (ANCOVA: Sexos;  $n = 512$ ;  $gl = 1$ ;  $F = 5,211$ ;  $P < 0,023$ ; covariada tempo;  $gl = 1$ ;  $F = 37,013$ ;  $P < 0,001$ ). O único indivíduo cujo sexo não pôde ser determinado mediu 56 mm CMRC e percorreu uma distância de 1.117 m em 66 dias, em novembro de 2004, saindo de um pequeno lago até um paraná.

A distância média diária percorrida pelos machos, recapturados em até noventa dias, foi 81,7 m (0 a 1.943 m), menor do que o das fêmeas que foi 83,9 m (0 a 1.921 m) (ANOVA;  $n = 217$ ;  $F = 25,119$ ;  $P < 0,01$ ).

Considerando apenas as recapturas com intervalos de tempo menores do que 30 dias e a direção do movimento, 14 machos e 16 fêmeas foram recapturados em um local rio acima em relação ao local de origem e três machos e cinco fêmeas foram recapturados rio abaixo quando o nível da água do rio estava baixando entre as capturas. No entanto apenas para machos houve diferença significativa no número de machos seguindo direções opostas ( $\chi^2 = 3,88$ ;  $P < 0,05$ ). Entre os indivíduos recapturados durante períodos de enchente do rio quatro machos moveram-se rio abaixo e quatro rio acima. Duas fêmeas moveram-se rio acima e seis rio abaixo durante a enchente mas a diferença não foi significativa.

Foram observados casos de movimentos longos a montante e a jusante o rio Ayuanã. Considerando apenas os casos onde a distância entre as recapturas foi maior do que 3000 metros foram encontrados três machos e oito fêmeas a montante do rio Ayuanã. Quatro machos e 18 fêmeas foram encontrados a jusante do rio

Ayuanã em sua recaptura. Foi registrado durante o estudo uma recaptura de um macho inicialmente capturado na foz do rio Ayuanã no rio vizinho, sentido sudoeste. Ele percorreu 18.255 m lineares ou 40.225 km ao longo da calha do Rio Negro e do rio Jurubaxi em um intervalo de 916 dias. Também ocorreram nove casos de movimentos entre a entrada do rio Ayuanã e um lago em uma ilha no Rio Negro distante 6,5 km no sentido leste-oeste. Sete fêmeas moveram-se no sentido Ayuanã – Ilha e duas no sentido Ilha – Ayuanã. O intervalo de tempo nestes casos foi de 308 a 1.157 dias.

#### DISCUSSÃO

A distância média entre as capturas estimada para *P. erythrocephala* após cinco anos de estudo no rio Ayuanã foi maior para fêmeas (1.268 m) do que para os machos (1.102 m). Para *Podocnemis sextuberculata* Fachín-Terán *et al.* (2006) estimaram uma distância linear média entre as recapturas de 4100 a 5300 m para machos e 4.700 a 12.400 m para as fêmeas. Ossa-Velásquez (2008) encontrou uma distância linear média de 3.720 e 7.420 m para machos e fêmeas de *Peltocephalus dumerilianus*, respectivamente no baixo Rio Negro. Nos dois estudos, a distância percorrida pelas fêmeas foi maior em relação à percorrida pelos machos e a duração do estudo foi de aproximadamente um ano. Fachín-Terán *et al.* (2006) atribui a maior distância percorrida pelas fêmeas de *P. sextuberculata* em seus movimentos de longa distância em relação aos machos à migração anual em busca de locais de desova. Assim como *P. erythrocephala*, esta espécie caracteriza-se por utilizar as florestas alagadas para se alimentar durante a estação de cheia (Fachín-Terán *et al.*, 2006) mas é bastante seletiva quanto ao local de desova, utilizando predominantemente nas praias dos grandes rios (Pezzuti e Vogt, 1999; Raeder, 2003; Pantoja-Lima, 2007). O ambiente de desova de *P. erythrocephala* constitui-se tanto de praias de rios quanto de campinas (Vogt, 2001; Novelle, 2006; Batistella,

2008), presentes ao longo de todo o rio Ayuanã e, portanto, precisam se deslocar menos para desovar e apresentam uma distância linear média menor do que *P. sextuberculata*.

Entre os quelônios de rios a média de distância diária percorrida costuma ser maior do que em espécies que habitam pequenos corpos d'água como lagos ou pequenos riachos. Por exemplo, entre os quelônios riverinos, um macho de *Chrysemys picta belli* percorreu 6,5 km em um dia e uma fêmea 6,5 km em quatro dias (MacCulloch e Secoy, 1983). Em recapturas de fêmeas de *Graptemys pseudogeographica* variando de três a 11 dias foi observado o deslocamento de distâncias de até quatro quilômetros (Vogt, 1980b). Já *Hydromedusa maximiliani*, habitando pequenos córregos dentro da floresta, andou dois metros/dia em média, em um intervalo máximo entre as capturas de 87 dias, sem diferença significativa entre machos e fêmeas (Souza e Abe, 1997). *Podocnemis erythrocephala* moveu-se em média 81,7 e 83,9 m/dia (machos e fêmeas respectivamente) entre as recapturas em um intervalo de 90 dias. As maiores distâncias diárias percorridas foram 1943 m e 1.921 m para machos e fêmeas, respectivamente, o que indica a possibilidade de grandes deslocamentos diários de *P. erythrocephala*.

Durante os cinco anos de estudo houve uma diminuição na proporção de indivíduos movendo-se menos do que 500 m entre as recapturas em relação ao total de recapturas por intervalos de anos, e um aumento desta mesma proporção para indivíduos movendo-se mais do que 3.000 m (Fig. 3). O número de recapturas diminuiu para intervalos de distância maiores (Tabela 2) o que é explicável pela menor probabilidade de recaptura com o aumento da distância. Considerando-se a hipótese de uma população residente em cada localidade estudada no rio Ayuanã, com apenas alguns indivíduos realizando movimentos maiores esporadicamente, a proporção de indivíduos recapturados a menos de 500 m do ponto de origem

tenderia a se manter estável, mesmo com o aumento do tempo decorrido entre as recapturas. Aparentemente esta espécie não permanece em apenas um local determinado, mas muda constantemente entre os diversos ambientes aquáticos existentes no rio Ayuanã. Esta mudança pode ocorrer gradualmente, pois mesmo dentro do limite aqui estipulado de 500 m houve um número considerável de mudança entre ambientes aquáticos entre os anos ou mesmo dentro de um mesmo ano. Também podem ocorrer movimentos maiores em um curto espaço de tempo. Gibbons *et al.* (1990) apontam como fatores que podem ser causadores do movimento intrapopulacional a alimentação, termorregulação, corte e cópula e busca por locais de repouso. Como fatores causadores por movimentos extrapopulacionais estes autores apontam a busca por locais com recursos alimentares, desova, procura por parceiros para a cópula, migração, movimentos dos filhotes após a saída do ninho e o abandono de locais desfavoráveis. Os indivíduos da população estudada dispõem de um ambiente bastante homogêneo, com floresta de igapó, áreas de desova e todos os tipos de ambientes aquáticos ocorrendo ao longo de todo o rio. Nesta situação, na qual todas as necessidades do ciclo de vida de *P. erythrocephala* provavelmente possam ser atendidas em um trecho de rio, movimentos alternados entre ambientes aquáticos vizinhos não teriam um efeito significativo sobre a sobrevivência ou sobre o potencial reprodutivo de um indivíduo. Os movimentos maiores registrados durante o estudo podem ocorrer devido à alguma condição adversa momentânea, tal como o escape de algum predador ou à própria captura e marcação durante o trabalho de pesquisa.

Krebs (2001) define uma população como um grupo de organismos de uma mesma espécie ocupando um espaço particular em um tempo particular. Zug *et al.* (2001) definem uma população como um grupo de indivíduos da mesma espécie que trocam genes vivendo em uma mesma área representando um único *pool* genético.

Definir os limites de uma população de quelônios, no entanto, não é uma tarefa fácil. Gibbons (1990) define uma população de tartarugas aquáticas como indivíduos vivendo em limites geográficos delimitados por um corpo d'água (e a totalidade de ambientes terrestres utilizados para a reprodução ou para a migração e dispersão) de tal maneira que a proximidade dos indivíduos no período da cópula permite uma troca regular de genes. Burke *et al.* (1995) precisaram de 26 anos para detectar movimentos de *Trachemys scripta* entre populações de uma metapopulação no sul da Carolina. Por outro lado, para *Chelydra serpentina*, uma espécie com grande capacidade de dispersão, foi observado um grande fluxo gênico entre as populações em relação às espécies sedentárias da região (Galbraith, 2008). O padrão de movimentação encontrado para *P. erythrocephala* explica a variabilidade genética desta população encontrada por Santos (2008), que encontrou uma variabilidade genética maior dentro de cada local amostrado do que entre os locais, caracterizando esta espécie como uma única população panmítica ao longo do Rio Negro. As únicas populações geneticamente distintas encontradas por Santos (2008) tinham cachoeiras e grandes rios de água branca como barreiras à dispersão de *P. erythrocephala*.

Para definir os limites de uma população de *P. erythrocephala* pode-se utilizar arbitrariamente o rio estudado, quando o objetivo for algum estudo sobre parâmetros populacionais da espécie. No entanto, os movimentos de saída e entrada do rio para a calha do Rio Negro ou para rios vizinhos precisam ser considerados em planos de manejo ou na escolha de áreas para a proteção da espécie, pois uma grande pressão de caça em um rio pode potencialmente afetar as populações circundantes.

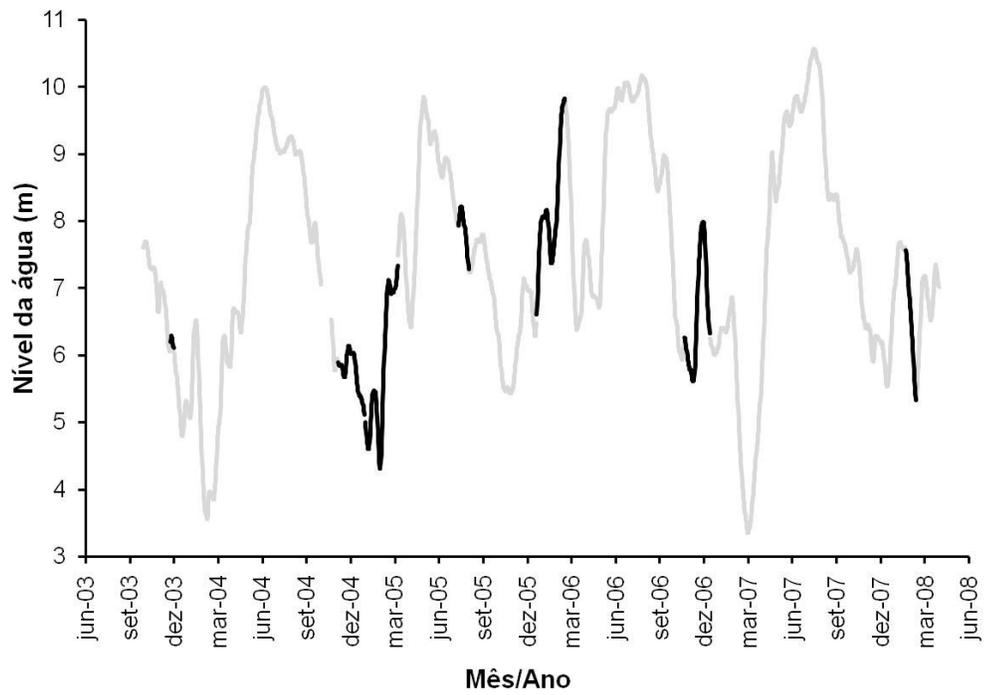


FIGURA 1. Variação o nível da água do Rio Negro entre setembro de 2003 e março de 2008 (linha cinza). A variação do nível da água durante as coletas em campo está destaca pela linha preta (Fonte: ANA, 2009).

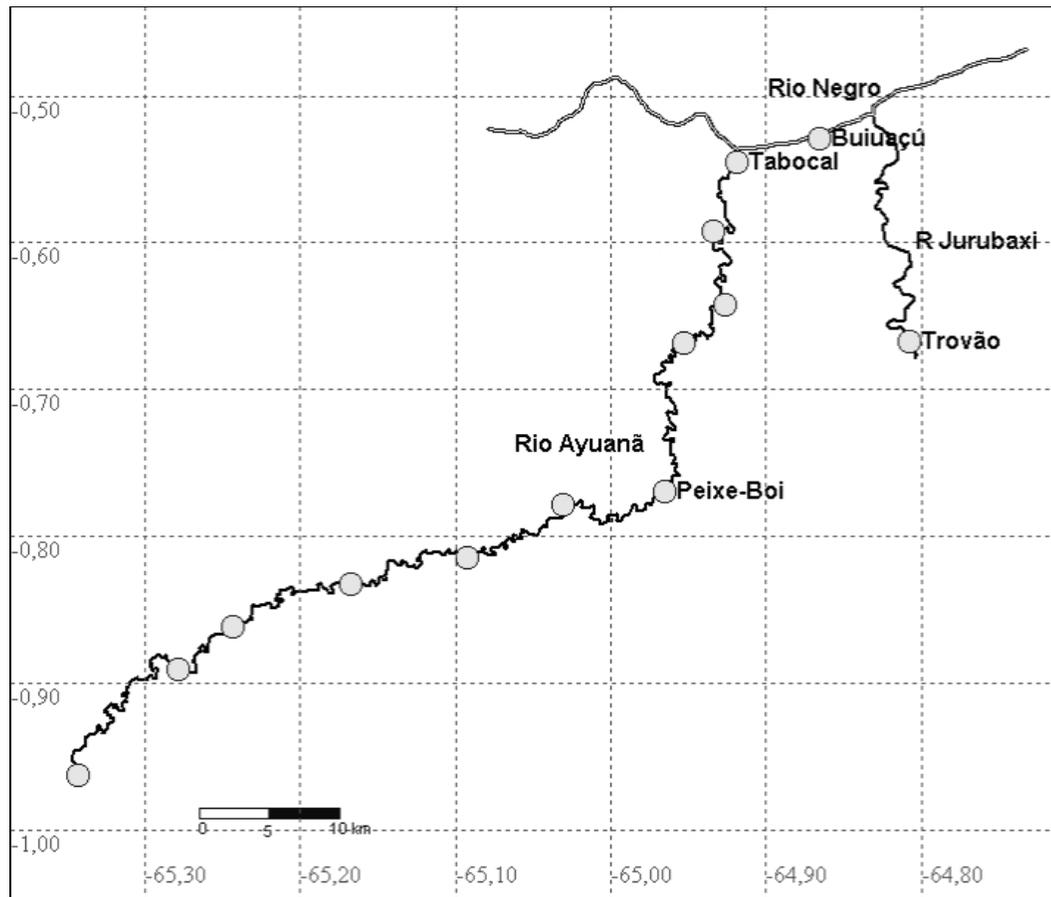


FIGURA 2. Mapa dos locais de coleta incluindo os rios (linha escura simples e dupla) e os locais amostrados (círculos cinzas) ao longo dos rios Ayuanã, Jurubaxi e Rio Negro. As coordenadas estão representadas em graus e décimos de graus.

TABELA 1. Número de *Podocnemis erythrocephala* capturadas por intervalo de distância linear entre as capturas.

Distância (m)	Intervalo de anos										Total
	Machos					Fêmeas					
	0<1	1<2	2<3	3<4	4<5	0<1	1<2	2<3	3<4	4<5	
0<499	74	37	6	1	0	107	53	11	3	0	292
500<999	11	6	0	0	0	17	12	6	1	0	53
1000<1499	4	7	0	0	0	22	9	3	1	0	46
1500<1999	6	6	1	0	0	37	16	5	8	0	79
2000<2499	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0	5
2500<2999	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	5
>3000	1	4	1	0	0	6	11	5	3	1	32
Total	96	61	8	1	0	192	105	32	16	1	512

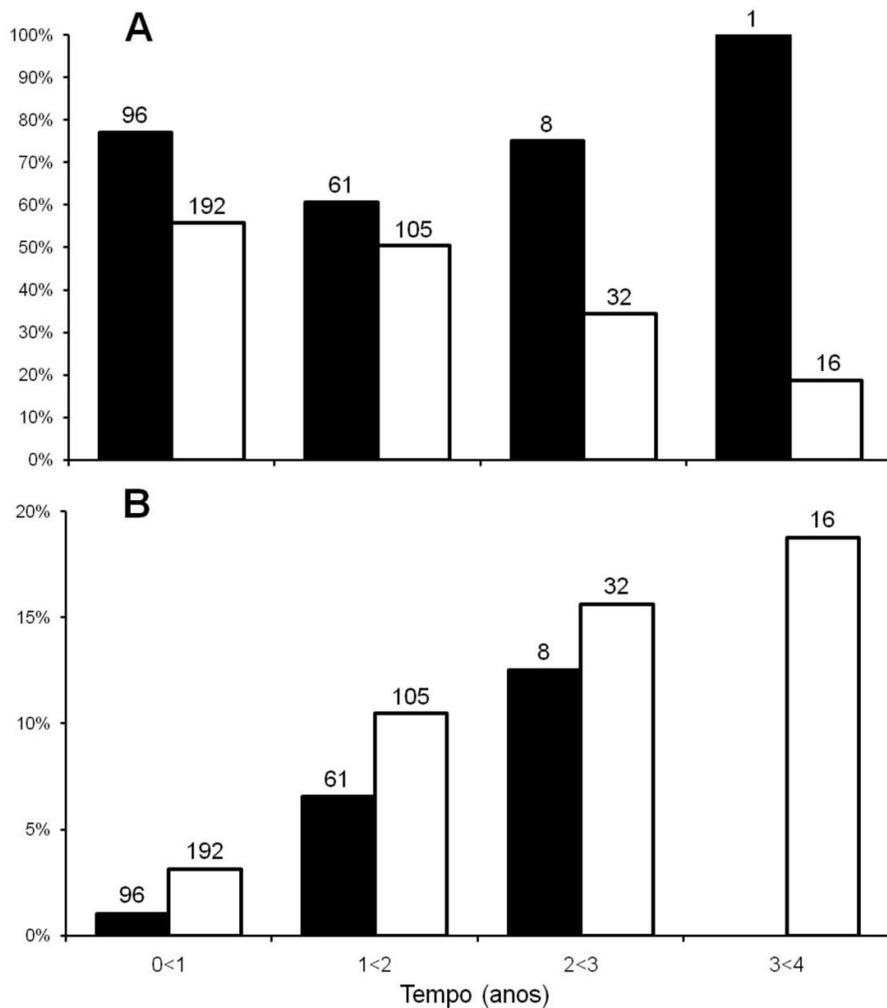


FIGURA 3. Percentual de recapturas de machos (colunas pretas) e fêmeas (colunas brancas) recapturados a uma distância inferior a 500 m lineares (A) e superior a 3000 m (B) da captura inicial por intervalo de tempo (anos) entre as capturas. O número de indivíduos recapturados por classe de tempo está indicado sobre as colunas.

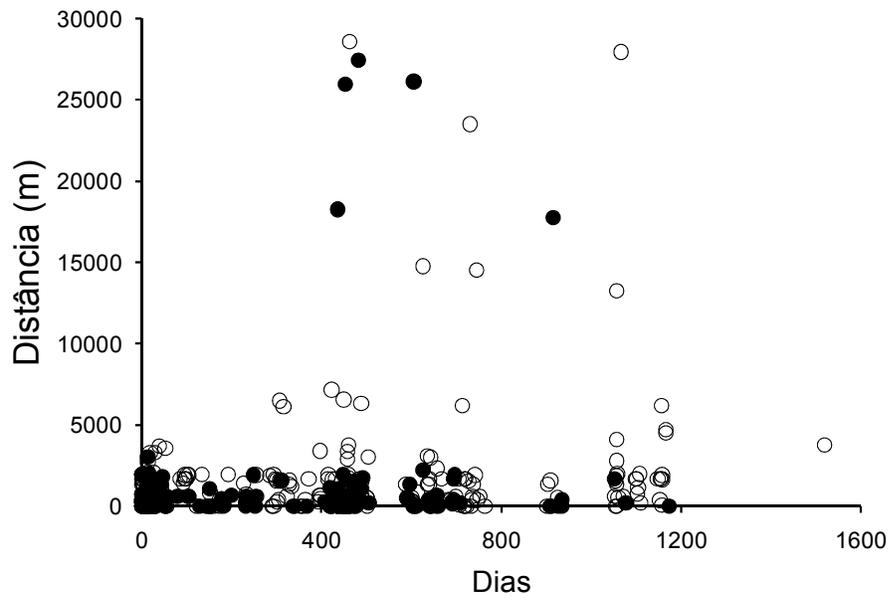


FIGURA 4. Relação entre o número de dias transcorridos entre as capturas e a distância linear entre os pontos de captura para machos (círculos pretos) e fêmeas (círculos brancos) de *Podocnemis erythrocephala*.

## CONCLUSÃO GERAL

Os dados obtidos sobre a formação de anéis de crescimento no escudo costal esquerdo de machos e fêmeas, em sua maioria, adultos, não validam este método para a determinação da idade de *Podocnemis erythrocephala*. O tamanho no qual *P. erythrocephala* atinge a maturidade sexual é de 161 mm de comprimento máximo retilíneo da carapaça para os machos e 222 mm para as fêmeas. Indivíduos imaturos apresentaram uma taxa de crescimento do tamanho máximo retilíneo da carapaça e um ganho anual de peso maior do que machos e fêmeas adultas. A taxa de crescimento de *P. erythrocephala* diminui com o aumento do tamanho. O modelo de crescimento de von Bertalanffy estima como nove anos a idade de maturidade sexual de machos e fêmeas de *P. erythrocephala*. No entanto pode estar havendo uma superestimativa da idade de maturidade sexual entre os machos de irapuca, devida ao baixo número de indivíduos juvenis nas amostras e pela grande variabilidade nas taxas crescimento dos indivíduos adultos.

A população de *P. erythrocephala* apresenta razão sexual de adultos desbalanceada em favor das fêmeas (0,49♂:1♀), ajustando estes valores ao percentual de recapturas por sexo a razão sexual continua tendo predominantemente fêmeas (0,41♂:1♀). A proporção de imaturos, capturados no rio Ayuanã durante o estudo, em relação total de *P. erythrocephala* foi de 17,7% mas ajustando estes valores ao percentual de recapturas por classe de sexo a proporção de imaturos aumenta substancialmente para 40% da população. O índice de captura foi de 0,59 animais/hora/trammel net durante todo o estudo. As trammel nets com tamanho da malha interna medindo entre nós foram as mais eficientes e o erro causado pelo método de amostragem causou uma subamostragem de indivíduos imaturos, que possuem tamanho menor.

As fêmeas movimentam-se mais do que os machos no rio Ayuanã (1.268 e 1.102 metros lineares, respectivamente). *Podocnemis erythrocephala* movimenta-se ao longo de todo o rio Ayuanã, podendo percorrer até 28.546 metros lineares. Esta espécie pode sair do rio Ayuanã até a calha do Rio Negro ou mesmo até rios vizinhos, como o Jurubaxi.

## LITERATURA CITADA

- ALHO, C. J. R. e L. F. M. PÁDUA. 1982. Reproductive parameters and nesting behaviour of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae) in Brazil. *Canadian Journal of Zoology* 60:97-103.
- ANA. 2009. Hidroweb. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acessado em: 02 de março de 2009.
- BALENSIEFER, D. C. e R. C. VOGT. 2006. Diet of *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) during the dry season in the Mamirauá Sustainable Reserve, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 5:312-317.
- BATES, H. W. 1979. Um naturalista no rio Amazonas. Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- BATISTELLA, A. M. 2003. Ecologia de nidificação de *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) em campinas do Médio Rio Negro, AM. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- BATISTELLA, A. M. e R. C. VOGT. 2008. Nesting ecology of *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) of the Rio Negro, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 7:12-20.
- BERNHARD, R. 2001. Biologia reprodutiva de *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

- BERRY, K. H. 2002. Using growth ring counts to age wild juveniles tortoises (*Gopherus agassizii*). *Chelonian Conservation and Biology* 4:416-424.
- BODIE, J. R. 2001. Stream and riparian management for freshwater turtles. *Journal of Environmental Management* 62:443-455.
- BONACH, K., J. F. LEWINGER, Á. P. D. SILVA e L. M. VERDADE. 2007. Physical characteristics of Giant Amazon Turtle (*Podocnemis expansa*) nests. *Chelonian Conservation and Biology* 6:252-255.
- BURKE, V. J., J. L. GREENE e J. W. GIBBONS. 1995. The effect of sample size and study duration on metapopulation estimates for slider turtles (*Trachemys scripta*). *Herpetologica* 51:451-456.
- BURY, R. B. 1979. Population ecology of freshwater turtles. Pp. 571-602. *In*: M. HARLESS e H. MORLOCK (Eds.), *Turtles: Perspectives and Research*. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- BURY, R. B. e D. J. GERMANO. 2008. *Actinemys marmorata* (Baird and Girard 1852) - western pond turtle, Pacific pond turtle. Pp. 001.1-001.9. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. *Chelonian Research Monographs* No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- CAGLE, F. R. 1939. A system of marking turtles for future identification. *Copeia* 1939:170-173.

- CANTARELLI, V. H. 2006. Alometria reprodutiva da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*): bases biológicas para o manejo. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.
- CAPUTO, F. P., D. CANESTRELLI e L. BOITANI. 2005. Conserving the terecay (*Podocnemis unifilis*, Testudines: Pelomedusidae) through a community-based sustainable harvest of its eggs. *Biological Conservation* 126:84-92.
- CASTANET, J. e E. SMIRINA. 1990. Introduction to the skeletochronological method in amphibians and reptiles. *Annales des Sciences Naturelles* 11:191-196.
- CASTAÑO-MORA, O. V. 1997. La situación de *Podocnemis erythrocephala* (SPIX, 1824) (Testudinata: Pelomedusidae), en Colombia. *Caldasia* 19:55-60.
- CASTAÑO-MORA, O. V., P. A. GALVIS-PEÑUELA e J. G. MOLANO. 2003. Reproductive ecology of *Podocnemis erythrocephala* (Testudines: Podocnemididae) in the Lower Inírida River, Colombia. *Chelonian Conservation and Biology* 4:664-670.
- CAVALCANTE, D. P. 2008. Crescimento e maturação sexual de aruanãs brancos (*Osteoglossum bicirrhosum*) em Mamirauá. Pp. 105-117. *In*: (Eds.), *Biologia, conservação e manejo dos aruanãs na Amazônia Brasileira*. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Tefé, Amazonas.
- CERDÁ-ARDURA, A., F. SOBERÓN-MOBARAK, S. E. MCGAUGH e R. C. VOGT. 2008. *Apalone spinifera atra* Webb and Jelger 1960 - black spiny softshell turtle, Cuatrociénegas softshell, tortuga concha blanda, tortuga negra de Cuatrociénegas. Pp. 021.1-021.4. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and*

Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.

CLOSE, L. M. e R. A. SEIGEL. 1997. Differences in body size among populations of reared sliders (*Trachemys scripta elegans*) subjected to different levels of harvesting. *Chelonian Conservation and Biology* 2:563-556.

CONGDON, J. D. e J. W. GIBBONS. 1987. Morphological constraint on egg size: A challenge to optimal egg size theory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 84:4145-4147.

CONGDON, J. D., R. D. NAGLE, O. M. KINNEY e R. C. V. SELS. 2003. Testing hypotheses of aging in long-lived painted turtles (*Chrysemys picta*). *Experimental Gerontology* 38:765-772.

CONGDON, J. D., T. E. GRAHAM, T. B. HERMAN, J. W. LANG, M. J. PAPPAS e B. BRECKE, J., 2008. *Emydoidea blandingii* (Holbrook 1838) - Blanding's turtle. Pp. 015.1-015.12. In: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5*, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.

COOCH, E. e G. WHITE (Eds.). 2008. *Program MARK: A gentle introduction*.

CROUSE, D. T., L. B. CROWDER e H. CASWELL. 1987. A stage-based population model for loggerhead sea turtles and implications for conservation. *Ecology* 68:1412-1423.

- CUTRIM, L. e V. S. BATISTA. 2005. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypopthalmus marginatus*) na Amazônia Central. *Acta Amazônica* 35:85-92.
- DANNI, T. M. S. e C. J. R. ALHO. 1985. Estudo histológico da diferenciação sexual em tartarugas recém eclodidas (*Podocnemis expansa*, Pelomedusidae). *Revista Brasileira de Biologia* 45:365-368.
- DAS, I. 2008. *Pelochelys cantorii* Gray 1864 - Asian giant softshell turtle. Pp. 011.1-011.6. In: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- DAS, I. e S. BHUPATHY. 2009. *Hardella thurjii* (Gray 1831) - crowned river turtle. Pp. 023.1-023.6. In: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- DODD JR, C. K. 2008. *Sternotherus depressus* Tinkle and Webb 1955 - flattened musk turtle. Pp. 013.1-013.7. In: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.

- DODD-JR, C. K. e M. J. DRESLIK. 2008. Habitat disturbances differentially affect individual growth rates in a long-lived turtle. *Journal of Zoology* 18-25.
- DUNHAN, A. E. e J. W. GIBBONS. 1990. Growth of the slider turtle. Pp. 135-145. *In*: J. W. GIBBONS (Eds.), *Life history and ecology of the Slider Turtle*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- ERNST, C. H. 1974. Effects of hurricane Agnes on a painted turtle population. *Journal of Herpetology* 8:237-240.
- ERNST, C. H. 1976. Ecology of the spotted turtle, *Clemmys guttata* (Reptilia, Testudines, Testudinidae), in Southeastern Pennsylvania. *Journal of Herpetology* 10:25-33.
- ESCALONA, T. e J. E. FA. 1998. Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare-Tawadu rivers, Venezuela. *Journal of Zoology* 244:303-312.
- FABENS, A. J. 1965. Properties and fitting the von Bertalanffy growth curve. *Growth* 29:265-289.
- FACHÍN-TERÁN, A. 1992. Desove y uso de playas para nidificación de taricaya (*Podocnemis unifilis*) en el río Samiria, Loreto-Peru. *Boletín de Lima* 79:65-75.
- FACHÍN-TERÁN, A. 1994. Depredación de la taricaya *Podocnemis unifilis* en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, Loreto. *Boletín de Lima* XVI:417-423.
- FACHÍN-TERÁN. 1999. Ecología de *Podocnemis sextuberculata* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

- FACHÍN-TERÁN, A. 2001. Situação da tartaruga-da-amazônia *Podocnemis expansa* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. *In*: Resumos da 7ª Reunião Especial da SBPC, Manaus, Amazonas.
- FACHÍN-TERÁN, A. e R. C. VOGT. 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. e E. M. VON MÜLHEN. 2003. Reproducción de la taricaya *Podocnemis unifilis* Troschel (1848) (Testudines: Podocnemididae) en la várzea del medio Solimões, Amazonas, Brasil. *Ecología Aplicada* 2:125-132.
- FACHÍN-TERÁN, A., R. C. VOGT e M. D. S. GOMEZ. 1995. Food habits of an assemblage of five species of turtles in the Rio Guapore, Rondônia, Brazil. *Journal of Herpetology* 29:536-547.
- FACHÍN-TERÁN, A., R. C. VOGT e J. B. THORBJARNARSON. 2000. Patterns of use and hunting of turtles in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Amazonas, Brazil. Pp. 362-377. *In*: K. M. SILVIUS, R. E. BODMER e J. M. V. FRAGOSO (Eds.), *People in Nature: Wildlife Conservation in South and Central America*.
- FACHÍN-TERÁN, A., R. C. VOGT e J. B. THORBJARNARSON. 2003. Estrutura populacional, razão sexual e abundância de *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Podocnemididae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. *Phyllomedusa* 2:43-63.
- FACHÍN-TERÁN, A., R. C. VOGT e J. B. THORBJARNARSON. 2006. Seasonal Movements of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines: Podocnemididae) in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 5:18-24.

- FERREIRA-JÚNIOR, P. D. e P. D. T. A. CASTRO. 2003. Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amazônica* 33:445-468.
- FERREIRA-JÚNIOR, P. D. e P. D. T. A. CASTRO. 2005. Nest placement of the Giant Amazon River Turtle, *Podocnemis expansa*, in the Araguaia River, Goiás State, Brazil. *Ambio* 34:212-217.
- FERREIRA-JUNIOR, P. D. e P. D. T. A. CASTRO. 2006a. Geological characteristics of the nesting areas of the giant Amazon river turtle (*Podocnemis expansa*) in the Crixás-Açu river in Goiás State, Brazil. *Acta Amazônica* 36:249-258.
- FERREIRA-JÚNIOR, P. D. e P. D. T. A. CASTRO. 2006b. Thermal environment characteristics of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas on the Javaés river, Tocantins, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 5:102-107.
- FERREIRA-JÚNIOR, P. D., A. Z. CASTRO e P. T. A. CASTRO. 2007. The importance of nidification environment in the *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* phenotypes (Testudines: Podocnemididae). *South American Journal of Herpetology* 2:39-46.
- FOOTE, R. W. 1978. Nesting of *Podocnemis unifilis* (Testudines, Pelomedusidae) in the Colombian Amazon. *Herpetologica* 34:333-339.
- FRAZER, N. B., J. W. GIBBONS e J. L. GREENE. 1990. Exploring Fabens growth interval model with data on a long-lived vertebrate, *Trachemys scripta* (Reptilia, Testudinata). *Copeia* 1990:112-118.

- GALBRAITH, D. A. 2008. Population biology and population genetics. Pp. *In*: A. C. STEYERMARK, M. S. FINKLER e R. J. BROOKS (Eds.), *Biology of the snapping turtle (Chelydra serpentina)*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- GALLEGO-GARCÍA, N. e O. V. CASTAÑO-MORA. 2008. Ecology and status of the Magdalena River Turtle, *Podocnemis lewyana*, a colombian endemic. *Chelonian Conservation and Biology* 7:37-44.
- GAYANILO, F. C., P. SPARRE e D. PAULY. 2005. FAO-ICLARM stock assessment tools II (FiSAT II) user's guide. FAO Computadorized Information Series (Fisheries), 8, Rome.
- GEORGES, A., J. S. DOODY, C. EISENBERG, E. A. ALACS e M. ROSE. 2008. *Carettochelys insculpta* Ramsay 1886 - Pig-Nosed Turtle, Fly River Turtle. Pp. 009.1-009.17. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- GERLACH, J. 2008a. *Pelusios castanoides intergularis* Bour 1983 - Seychelles yellow-bellied mud turtle, Seychelles chestnut-bellied terrapin. Pp. 010.1-010.4. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.

- GERLACH, J. 2008b. *Pelusios subniger parietalis* Bour 1983 - Seychelles black mud turtle. Pp. 016.1-016.4. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- GIBBONS, J. W. 1968. Observations on ecology and population dynamics of Blandings Turtle *Emydoidea blandingi*. *Canadian Journal of Zoology* 46:260-268.
- GIBBONS, J. W., J. I. GREENE e J. D. CONGDON. 1990. Temporal and spatial movement patterns of sliders and other turtles. Pp. 201-215. *In*: J. W. GIBBONS (Eds.), Life history and ecology of the slider turtle. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- GIBBONS, W. J. 1990. Sex ratios and their significance among turtle populations. Pp. 171-182. *In*: W. J. GIBBONS (Eds.), Life history and ecology of the slider turtle. Smithsonian Institution Press, Whashington, D.C.
- GIBBONS, J. W. 1990. The slider turtle. Pp. 3-18. *In*: J. W. GIBBONS (Eds.), Life history and ecology of the slider turtle. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- GIBBS, J. P. e W. G. SHRIVER. 2002. Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology* 16:1647-1652.
- GIRONDOT, M. e C. PIEAU. 1993. Effects of sexual differences of age at maturity and survival on population sex ratio. *Evolutionary Ecology* 7:645-650.
- GOTELLI, N. J. 2007. *Ecologia*. Editora Planta, Londrina, Paraná.

- GRAHAM, T. E. 1979. Life history techniques. Pp. 73-95. *In*: M. HARLESS e H. MORLOCK (Eds.), *Turtles: Perspectives and research*. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- HALL, D. H. e R. J. STEIDL. 2007. Movements, activity, and spacing of sonoran mud turtles (*Kinosternon sonoriense*) in interrupted mountain streams. *Copeia* 2007:403-412.
- HALLER, É. C. P. e M. T. RODRIGUES. 2005. *Podocnemis unifilis* (Yellow-spotted River Turtle). Nests and nesting. *Herpetological Review* 36:60.
- HALLER, É. C. P. e M. T. RODRIGUES. 2006. Reproductive biology of the Six-Tubercled Amazon River Turtle *Podocnemis sextuberculata* (Testudines: Podocnemididae), in the Biological Reserve of Rio Trombetas, Pará, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 5:280-284.
- HALLIDAY, T. R. e P. A. VERRELL. 1988. Body size and age in amphibians and reptiles. *Journal of Herpetology* 22:253-265.
- HEPPELL, S. S. 1998. Application of life-history theory and population model analysis to turtle conservation. *Copeia* 1998:367-375.
- HERNÁNDEZ, O. e R. ESPÍN. 2006. Efectos del reforzamiento sobre la poblacion de tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) en el Orinoco Medio, Venezuela. *Interciencia* 31:424-430.
- HOOGMOED, M. S. e C. S. AVILA-PIRES. 1990. New distribution data for *Podocnemis erythrocephala* (Spix) with remarks on some other turtle taxa (Reptilia: chelonია: Pelomedusidae). *Zoologische Mededelingen* 64:21-24.

- IBGE. 2010. Resultados da Amostra do Censo Demográfico 2000 - Malha municipal digital do Brasil: situação em 2001. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em: 22 de fevereiro de 2010.
- IUCN. 2009. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em <http://www.iucnredlist.org/>. Acessado em: 2 de fevereiro de 2009.
- IVERSON, J. B. 1992. A revised checklist with distribution maps of the turtles of the world. Privately printed.
- JAFFÉ, R., C. PEÑALOZA e G. R. BARRETO. 2008. Monitoring an endangered freshwater turtle management program: Effects of nest relocation on growth and locomotive performance of the Giant South American Turtle (*Podocnemis expansa*, Podocnemididae). *Chelonian Conservation and Biology* 7:213-222.
- JANZEN, F. J. e G. L. PAUKSTIS. 1991. Environmental sex determination in reptiles - Ecology, evolution, and experimental-design. *Quarterly Review of Biology* 66:149-179.
- JUNK, W. J. 1983. As águas na região Amazônica. Pp. 45-63. *In*: E. SALATI, W. J. JUNK, H. O. R. SCHUBART e A. E. OLIVEIRA (Eds.), *Amazônia: Desenvolvimento, Integração e Ecologia*. Ed. Brasiliense, São Paulo.
- KEMENES, A. e J. C. B. PEZZUTI. 2007. Estimate of trade traffic of *Podocnemis* (Testudines, Podocnemididae) from the middle Purus river, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 6:259-262.

- KENNETT, R. 1996. Growth models for two species of freshwater turtle, *Chelodina rugosa* and *Eseya dentata*, from the wet-dry tropics of Northern Australia. *Herpetologica* 52:383-395.
- KLEMENS, M. W. e J. B. THORBJARNARSON. 1995. Reptiles as a food resource. *Biodiversity and Conservation* 4:281-298.
- KLEMENS, M. W. 2000. Turtle conservation. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- KREBS, C. J. 2001. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Addison Wesley Longman, Inc., San Francisco, California.
- LEARY, C. J., J. L. DOBIE, T. M. MANN, P. S. FLOYD e D. H. NELSON. 2008. *Pseudemys alabamensis* Baur1893 - Alabama red-bellied cooter, Alabama red-bellied turtle. Pp. 019.1-019.9. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- LEGLER, J. M. 1960. Natural history of the ornate box turtle *Terrapene ornate ornate* Agassiz. University Kansas Publication, Museum of Natural History 11:527-669.
- LINDEMAN, P. V. 1996. Comparative life history of painted turtles (*Chrysemys picta*) in two habitats in the inland Pacific Northwest. *Copeia* 1996:114-130.
- LINDEMAN, P. V. 1997. Contributions toward improvement of model fit in nonlinear regression modelling of turtle growth. *Herpetologica* 53:179-191.

- LINDEMAN, P. V. 1999. Growth curves for *Graptemys*, with a comparison to other emydid turtles. *American Midland Naturalist* 142:141-151.
- LOVICH, J. E., D. W. HERMAN e K. M. FAHEY. 1992. Seasonal activity and movements of bog turtles (*Clemmys muhlenbergii*) in North-Carolina. *Copeia* 1992:1107-1111.
- LOVICH, J. E., C. H. ERNST, R. T. ZAPPALORTI e D. W. HERMAN. 1998. Geographic variation in growth and sexual size dimorphism of bog turtles (*Clemmys muhlenbergii*). *The American Midland Naturalist* 139:69-78.
- MACCULLOCH, R. D. e D. M. SECOY. 1983. Movement in a river population of *Chrysemys picta bellii* in Southern Saskatchewan. *Journal of Herpetology* 17:283-285.
- MAGNUSSON, W. E., A. C. LIMA, C. V.L. e R. C. VOGT. 1997. Home range of the turtle, *Phrynops rufipes*, in an isolated reserve in central Amazônia, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 2:494-499.
- MAGNUSSON, W. E., A. CARDOSO DE LIMA, V. LOPES DA COSTA e O. PIMENTEL DE LIMA. 1997. Growth of the turtle, *Phrynops rufipes*, in Central Amazônia, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 2:576-581.
- MALVASIO, A., A. M. D. SOUZA, P. D. FERREIRA-JR, E. S. REIS e F. A. D. A. SAMPAIO. 2002. Temperatura de incubação dos ovos e granulometria dos sedimentos das covas relacionadas a determinação sexual em *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) e *P. unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Pelomedusidae). *Publicações Avulsas do Instituto Pau-Brasil* 8-9:11-25.

- MARCHAND, M. N. e J. A. LITVAITIS. 2004. Effects of habitat features and landscape composition on the population structure of a common aquatic turtle in a region undergoing rapid development. *Conservation Biology* 18:758-767.
- MARTINS, F. I. e F. L. SOUZA. 2008. Estimates of growth of the Atlantic Rain Forest freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae). *Journal of Herpetology* 42:54-60.
- MILLER, J. D. e C. J. LIMPUS. 2003. Ontogeny of marine turtle gonads. *In*: LUTZ, P., J. MUSICK e J. WYNEKEN (Eds.), *The biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- MITTERMEIER, R. A. e R. A. WILSON. 1974. Redescription of *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824), an Amazonian Pelomedusid Turtle. *Papéis Avulsos de Zoologia* 28:147-162.
- MITTERMEIER, R. A. 1975. A turtle in every pot: A valuable South American resource going to waste. *Animal Kingdom* 78:9-14.
- MOLINA, F. D. B. 1989. Observações sobre a biologia reprodutiva e o comportamento de *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812) em cativeiro (Reptilia, Testudines, Chelidae). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MOLINA, F. D. B. 1995. Observações sobre a biologia reprodutiva e o comportamento de *Trachemys dorbignyi* (Duméril & Bibron, 1835) em cativeiro (Reptilia, Testudines, Emydidae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MOLL, E. O. e J. M. LEGLER. 1971. The life history of a neotropical slider turtle. *Pseudemys scripta* (Schoepff) in Panama. *Bulletin of the Los Angeles Country, Museum of Natural History* 1-102.

- MOLL, D. e E. O. MOLL. 2004. The ecology, exploitation, and conservation of river turtles. Oxford University Press, New York, New York.
- NOVELLE, S. M. H. 2006. Caracterização do micro-habitat dos ninhos e predação dos ovos de *Podocnemis erythrocephala* em áreas de desova no Rio Ayuanã. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- O'BRIEN, S., B. ROBERT e H. TIANDRY. 2005. Consequences of violating the recapture duration assumption of mark-recapture models : a test using simulated and empirical data from an endangered tortoise population. *Journal of Applied Ecology* 42:1096-1104.
- OSSA-VELÁSQUEZ, J. L. D. L. 2008. Ecologia e conservação de *Peltocephalus dumerilianus* (Testudines Podocnemididae) em Barcelos, Amazonas, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- PÁDUA, L. F. M. e C. J. R. ALHO. 1982. Comportamento de nidificação da tartaruga-da-Amazônia, *Podocnemis expansa* (Testudinata, Pelomedusidae), na Reserva Biológica do Rio Trombetas, Pará. *Brazil Florestal* 12:33-44.
- PÁEZ, V. P. e B. C. BOCK. 1998. Temperature effect on incubation period in the Yellow-Spotted River Turtle, *Podocnemis unifilis*, in the Colombian Amazon. *Chelonian Conservation and Biology* 3:31-36.
- PÁEZ, V. P., A. RESTREPO, M. VARGAS-RAMÍREZ e B. C. BOCK. 2009. *Podocnemis lewyana* (Duméril 1852) - Magdalena River turtle. Pp. 024.1-024.6. In: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN

e J. B. IVERSON (Eds.), Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.

PANTOJA-LIMA, J. 2007. Aspectos da Biologia Reprodutiva de *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812, *Podocnemis sextuberculata* Cornalia, 1849 e *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemididae) na Reserva Biológica do Abufari, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

PEARSE, D. E., R. B. DASTRUP, O. HERNANDEZ e J. W. SITES-JR. 2006. Paternity in an Orinoco population of endangered Arrau River Turtles, *Podocnemis expansa* (Pleurodira; Podocnemididae), from Venezuela. *Chelonian Conservation and Biology* 5:232-238.

PÉREZ, A. e N. N. FABRÉ. 2003. Seleção das estruturas calcificadas para a determinação da idade da piracatinga *Calophysus macropterus* Lichtenstein (Siluriformes: Pimelodidae) na Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazônica* 33:499-514.

PEZZUTI, J. C. B. 2003. Ecologia e Etnoecologia de Quelônios no Parque Nacional do Jaú, Amazonas, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

PEZZUTI, J. C. B. e R. C. VOGT. 1999. Nesting ecology of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae) in the Japurá River, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 3:419-424.

- PLUMMER, M. V. e H. W. SHRIER. 1975. Movement patterns in a river population of the softshell turtle, *Trionyx muticus*. Occasional Papers of the Natural History Museum of the University of Kansas 43:1-26.
- PIGNATI, M. T. 2007. Biologia reprodutiva de *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Testudines: Podocnemididae) no Refúgio da Vida Silvestre "Quelônios do Araguaia", Rio das Mortes, Mato Grosso. Monografia (Licenciatura), Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso.
- POUGH, F. H., R. M. ANDREWS, J. E. CADLE, M. L. CRUMP, A. H. SAVITZKY e K. D. WELLS. 1998. Herpetology. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.
- PRITCHARD, P. C. H. e P. TREBBAU. 1984. The turtles of Venezuela. SSAR, Ohio.
- PRITCHARD, P. C. H. 1990. Course on amazonian freshwater turtles, editorial. Tortoises & Turtles: IUCN Tortoise and Freshwater Turtles Specialist Group 5:
- 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, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- RAMO, C. 1982. Biología del galapago (*Podocnemis vogli* Muller, 1935) en el Hato El Frio. Doñana Acta Vertebrata 9:1-161.
- REBÊLO, G. H. 1991. Um novo habitat e localidade para *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824) (Testudines: Pelomedusidae). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia 7:71-75.

- REEHL, M., J. THOMPSON e J. K. TUCKER. 2006. A three year survey of aquatic turtles in a riverside pond. *Transactions of the Illinois State Academy of Science* 99:145-152.
- RESTREPO, A., V. P. PÁEZ, C. LÓPEZ e B. C. BOCK. 2008. Distribution and status of *Podocnemis lewyana* in the Magdalena river drainage of Colombia. *Chelonian Conservation and Biology* 7:45-51.
- RHODIN, A. G. J., P. P. VAN DIJK e J. F. PARHAM. 2008. Turtles of the world: annotated checklist of taxonomy and synonymy. Pp. 000.1-000.36. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- RHODIN, A. G. J., B. R. IBARRONDO e G. KUCHLING. 2008. *Chelodina mccordi* Rhodin 1994 - Roti Island snake-necked turtle, McCord's snake necked turtle, kura-kura rote. Pp. 008.1-008.8. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- ROE, J. H. e A. GEORGES. 2007. Heterogeneous wetland complexes, buffer zones, and travel corridors: Landscape management for freshwater reptiles. *Biological Conservation* 135:67-76.

- RUEDA-ALMONACID, J. V., J. L. CARR, R. A. MITTERMEIER, J. V. RODRÍGUEZ-MAHECHA, R. B. MAST, R. C. VOGT, A. G. J. RHODIN, J. D. L. O. -VELÁSQUEZ, J. N. RUEDA e C. G. MITTERMEIER. 2007. Las tortugas y los crocodylia de los países andinos del Trópico: Manual para su identificación. Conservation International, Bogotá, Colômbia.
- SALERA JUNIOR, G. 2005. Avaliação da biologia reprodutiva, predação natural e importância social em quelônios com ocorrência na bacia do Araguaia. Dissertação de Mestrado, Campus Universitário de Palmas, Fundação Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins.
- SALERA JUNIOR, G., A. MALVASIO e T. C. G. PORTELINHA. 2009. Avaliação da predação de *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no rio Javaés, Tocantins. Acta Amazônica 39:207-214.
- SANTOS, R. C. 2008. Estrutura genética das populações de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*, Podocnemididae) da Amazônia brasileira: implicações para a conservação. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- SANTOS JÚNIOR, L. B. 2009. Dieta de *Podocnemis erythrocephala* (Testudines: Podocnemididae) no Parque Nacional do Jaú, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas.
- SCHNEIDER, L., L. BELGER, J. BURGER e R. C. VOGT. 2009. Mercury bioaccumulation in four tissues of *Podocnemis erythrocephala* (Podocnemididae: Testudines) as a function of water parameters. Science of the Total Environment 407:1048-1054.

- SEMLITSCH, R. D. e J. R. BODIE. 2003. Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles. *Conservation Biology* 17:1219-1228.
- SHINE, R. e J. B. IVERSON. 1995. Patterns of Survival, Growth and Maturation in Turtles. *Oikos* 72:343-348.
- SNOVER, M. L. e A. A. HOHN. 2004. Validation and interpretation of annual skeletal marks in loggerhead (*Caretta caretta*) and Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) sea turtles. *Fishery Bulletin* 102:682-692.
- SOUZA, R. R. e R. C. VOGT. 1994. Incubation temperature influences sex and hatchling size in the neotropical turtle *Podocnemis unifilis*. *Journal of Herpetology* 28:453-464.
- SOUZA, L. F. e A. S. ABE. 1997. Population structure, activity, and conservation of the neotropical freshwater turtle, *Hydromedusa maximiliani*, in Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 2:521-525.
- SOUZA, F. L., J. RAIZER, H. T. M. COSTA e F. I. MARTINS. 2008. Dispersal of *Phrynops geoffroanus* (Chelidae) in an urban river in Central Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 7:257-261.
- SPENCER, R. J. 2001. The Murray River Turtle, *Emydura macquarii*: Population dynamics, nesting ecology and impact of the introduced Red Fox, *Vulpes vulpes*. Doctor of Philosophy, University of Sydney, Sydney.
- STEEN, D. A. e J. P. GIBBS. 2004. Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations. *Conservation Biology* 18:1143-1148.

- STEEN, D. A. e L. L. SMITH. 2006. Road surveys for turtles: Consideration of possible sampling biases. *Herpetological Conservation and Biology* 1:9-15.
- THOMAS, R. B., D. W. BECKMAN, K. THOMPSON, K. A. BUHLMANN, J. W. GIBBONS e D. L. MOLL. 1997. Estimation of age for *Trachemys scripta* and *Deirochelys reticularia* by counting annual growth layers in claws. *Copeia* 1997:842-845.
- THOMÉ-SOUZA, M. F. 2005. Fontes autotróficas de energia para peixes do canal principal e quelônios ao longo da bacia do médio rio Negro, Amazônia, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- THORBJARNARSON, J. B. e R. DA SILVEIRA. 1996. *Podocnemis unifilis*. Nesting. *Herpetological Review* 27:77-78.
- THORBJARNARSON, J., C. J. LAGUEUX, D. BOLZE, M. W. KLEMENS e A. B. MEYLAN. 2000. Human use of turtles: a worldwide perspective. Pp. 33-84. *In*: M. W. KLEMENS (Ed.), *Turtle conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- TURTLE CONSERVATION FUND. 2002. A Global Action Plan for Conservation of Tortoises and Freshwater Turtles. Strategy and Funding Prospectus 2002. *In*: A Global Action Plan for Conservation of Tortoises and Freshwater Turtles. Strategy and Funding Prospectus 2002.
- VALENZUELA, N. 2001. Constant, shift, and natural temperature effects on sex determination in *Podocnemis expansa* turtles. *Ecology* 82:3010-3024.

- VANZOLINI, P. E. 1967. Notes on the nesting behaviour of *Podocnemis expansa* in the Amazon Valley (Testudines, Pelomedusidae). Papéis Avulsos de Zoologia 20:191-215.
- VANZOLINI, P. E. 1977. A brief biometrical note on the reproductive biology of some South American *Podocnemis* (Testudines, Pelomedusidae). Papéis Avulsos de Zoologia 31:79-102.
- VANZOLINI, P. E. e N. GOMES. 1979. A note on the biometry and reproduction of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Pelomedusidae). Papéis Avulsos de Zoologia 32:27-290.
- VANZOLINI, P. E. 2003. On clutch size and hatching success of the South American turtles *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemididae). Anais da Academia Brasileira de Ciências 75:415-430.
- VIANNA, V. O. 1999. Uso de dietas artificiais no desenvolvimento inicial de tracajá (*Podocnemis unifilis*), tigre d'água (*Trachemys dorbignyi*), teiú (*Tupinambis merrianae*) e jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo.
- VOGT, R. C. 1980a. Natural history of the map turtles *Graptemys pseudogeographica* and *G. ouachitensis* in Wisconsin. Tulane Studies in Zoology and Botany 22:17-48.
- VOGT, R. C. 1980b. New methods for trapping aquatic turtles. Copeia 1980:368-371.
- VOGT, R. C. 2001. Turtles of the rio Negro. Pp. 245-262. In: N. L. CHAO, P. PETRY, G. PRANG, L. SONNESCHIEN e M. TLUSTY (Eds.), Conservation and management of

ornamental fish resources of the rio Negro Basin, Amazonia, Brazil - Project Piaba.  
Ed. Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas.

VOGT, R. C. 2004a. Tartarugas de manchas-amarelas do Rio Amazonas, Tracajá (*Podocnemis unifilis* Troschel, 1848) (Pelomedusidae). In: CINTRA, R. (Ed.), História natural, ecologia e conservação de algumas espécies de plantas e animais da Amazônia. EDUA/INPA/FAPEAM, Manaus, Amazonas.

VOGT, R. C. 2004b. Tartarugas fluvial gigante sul-americana (*Podocnemis expansa* Schweigger, 1812) (Pelomedusidae). In: CINTRA, R. (Ed.), História natural, ecologia e conservação de algumas espécies de plantas e animais da Amazônia. EDUA/INPA/FAPEAM, Manaus, Amazonas.

VOGT, R. C., G. H. REBÊLO, G. MOREIRA, A. FACHIN-TERÁN, T. R. J. GASNIER, R. SILVEIRA, B. MANN, C. P. RAPOSO, P. ARNOND, A. S. MARQUES, I. L. M. SILVEIRA, W. R. AMAZONAS, O. V. CASTAÑO, C. A. M. CARRILLO, T. ESCALONA, H. GVADA e F. R. SULREZ. 1991. Geographic Distribution: *Podocnemis erythrocephala*. Herpetological Review 22:25.

VOGT, R. C., S. G. PLATT e T. R. RAINWATER. 2009. *Rhinoclemmys areolata* (Duméril and Bibron 1851) - Furrowed Wood Turtle, Black-Bellied Turtle, Mojena. Pp. 022.1-022.7. In: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.

VON HILDEBRAND, P., N. BERMUDEZ e M. C. PEÑUELA. 1997. La tortuga charapa (*Podocnemis expansa*) en el Río Caquetá, Amazonas, Colombia: Aspectos de la

- biología reproductiva y técnicas para su manejo. Disloque Editores, Bogota, Colômbia.
- WALTER, H. 1986. Vegetação e zonas climáticas: Tratado de ecologia. EPU, São Paulo, SP.
- WILSON, D. S., C. R. TRACY e C. R. TRACY. 2003. Estimating age of turtles from growth rings: A critical evaluation of the technique. *Herpetologica* 59:178-194.
- YASUKAWA, Y., T. YABE e H. OTA. 2008. *Mauremys japonica* (Temminck and Schlegel 1835) - Japanese pond turtle. Pp. 003.1-003.6. *In*: A. G. J. RHODIN, PRITCHARD.P.C.H., P. P. VAN DIJK, R. A. SAUMURE, K. A. BUHLMANN e J. B. IVERSON (Eds.), Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs No. 5, disponível em: <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey.
- ZUG, G. R., A. H. WYNN e C. RUCKDESCHEL. 1986. Age determination of loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, by incremental growth marks in the skeleton. *Smithsonian Contributions to Zoology* 427:1-31.
- ZUG, G. R., L. J. VITT e J. P. CALDWELL. 2001. *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press, San Diego, California.
- ZWING, W. e P. S. YOUNG. 1990. Desova e eclosão de *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Chelonia: Pelomedusidae) no rio Trombetas, Pará, Brasil. *Forest* 1990:34-35.

Anexo I. Esforço de captura (horas/*trammel net*) e número de pontos amostrados em cada localidade no rio Ayuanã, Rio Negro e rio Jurubaxi entre novembro de 2003 e fevereiro de 2008.

Localidades	Esforço de captura (horas/TN)	Pontos amostrados
Rio Ayuanã		
Amaro	78,3	6
Ará	59,7	8
Cara	36,1	3
Chidaua	209,5	7
Flechau	271,4	13
Hermes	78,0	6
Inferno	95,8	7
Judaca	229,9	15
Peixe-Boi	1829,5	26
Praia Alta	127,4	6
Tabocal	4931,1	52
Taiassu	33,2	4
Tartaruga	24,0	4
Rio Jurubaxi	88,6	11
Rio Negro	175,5	12

Anexo II. Número de indivíduos capturados, marcados e recapturados por estação de captura (quatro dias de captura com intervalos de 11 dias entre as estações) nas localidades Peixe-Boi e Tabocal entre 18 de outubro e 13 de dezembro de 2006 no rio Ayuanã.

Localidade Peixe-Boi				
Estação de captura	1	2	3	4
1		31	13	7
2			10	8
3				10
Total capturas	445	193	152	133
Marcados	0	31	23	25
Não marcados	445	162	129	108
Liberados	439	191	151	133

Localidade Tabocal					
Estação de captura	1	2	3	4	5
1		13	6	7	2
2			3	2	2
3				6	0
4					0
Total capturas	262	178	124	119	49
Marcados	0	13	9	15	4
Não marcados	262	165	115	104	45
Liberados	253	178	124	118	47

Anexo III. Sumário estatístico do comprimento máximo retilíneo da carapaça (mm) de indivíduos adultos de *Podocnemis erythrocephala* capturados nos rios Ayuanã, Jurubaxi e Negro.

Local	Machos		Fêmeas	
	N	Média ± DP	N	Média ± DP
Rio Ayuanã	1042	207 ± 15,4	2296	258 ± 18,2
Rio Negro	91	212 ± 10,2	97	248 ± 18,2
Rio Jurubaxi	27	213 ± 10,0	10	263 ± 17,8

Anexo VI – Índice de captura médio mensal, valores mínimos e máximos por ponto de coleta e desvio padrão (DP) de *P. erythrocephala* utilizando-se *trammel nets* na localidade Tabocal, foz do rio Ayuanã.

Mês/ano	Índice de captura (animais/hora/TN)				
	N	Média	Mínimo	Máximo	DP
novembro-03	2	0,20	0,08	0,31	0,16
novembro-04	26	1,02	0,00	3,17	0,96
dezembro-04	7	0,61	0,00	1,38	0,70
janeiro-05	6	0,47	0,00	1,73	0,64
fevereiro-05	11	0,35	0,00	1,00	0,36
março-05	37	0,55	0,00	2,89	0,70
julho-05	34	0,92	0,00	4,15	1,15
agosto-05	11	0,84	0,00	4,48	1,29
dezembro-05	27	0,21	0,00	1,31	0,30
janeiro-06	84	0,15	0,00	1,24	0,22
fevereiro-06	24	0,17	0,00	0,55	0,16
outubro-06	31	0,93	0,00	4,11	1,14
novembro-06	38	0,60	0,00	4,04	0,75
dezembro-06	25	0,36	0,00	1,39	0,40
janeiro-08	23	0,93	0,00	2,21	0,77
fevereiro-08	21	0,48	0,00	2,32	0,68
Total	407	0,52	0,00	4,48	0,77