**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

Estrutura populacional, uso do espaço e ecologia trófica de jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em paisagem silvicultural

Thiago Simon Marques

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Ecologia Aplicada

**Piracicaba
2013**

Thiago Simon Marques
Bacharel em Ciências Biológicas

**Estrutura populacional, uso do espaço e ecologia trófica de jacarés-de-papo-amarelo
(*Caiman latirostris*) em paisagem silvicultural**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **LUCIANO MARTINS VERDADE**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Ecologia Aplicada

**Piracicaba
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Marques, Thiago Simon

Estrutura populacional, uso do espaço e ecologia trófica de jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em paisagem silvicultural / Thiago Simon Marques. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
114 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2013.

1. Crocodilianos 2. Área de vida 3. Ambientes antropizados 4. Isótopos estáveis
I. Título

CDD 639.394
M357e

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

*Albert
Einstein*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luciano Martins Verdade pelas oportunidades que me proporcionou durante todos estes anos de convivência, pela confiança, pela transmissão de inúmeros conhecimentos e experiências que certamente me auxiliarão durante minha carreira acadêmica.

À minha esposa Claudia Renata Jorge Rodrigues (Pipók) pelo amor incondicional em todos os momentos de nossa caminhada e pela ajuda constante ao longo do desenvolvimento desta tese.

À toda minha família (pais: Antônio e Luisa; irmãos: Humberto, Rodolfo e Ataly) pelo amor, apoio, carinho e incentivo.

À equipe de crocodilianos, Luis Bassetti, Neliton Lara (Larik) e Thiago Portelinha, pela ajuda, ensinamentos, companheirismo e momentos que vivemos nas atividades de campo. Palavras não são suficientes para descrever a grande amizade que construímos nestes últimos anos.

Ao Bruno O. Ferronato pela amizade e companheirismo que teve início no meu primeiro estágio da graduação e se estende até hoje.

Aos professores doutores Carlos I. Piña, Adriana Malvásio e Márcio O. Araújo pela colaboração, conhecimentos transmitidos e capacidade de estímulo para a realização desta tese.

Aos meus irmãos da república Biosfera e amigos do LAMA (Esalq/USP), em especial ao Fuda, Napster, 100-talento, Pam, Gaúcho e Bossa, pela amizade e pelo apoio nestes anos.

Ao Ricardo A. Brassaloti e Carla Gheler Costa pela amizade e ajuda nas atividades de campo.

À Dra. Priscilla Marqui Schmidt Villela pela ajuda no laboratório de biologia molecular.

Ao Laboratório de Ecologia Isotópica (CENA/USP) representado pelos professores doutores Luiz Antonio Martinelli, Marcelo Zacharias Moreira, Plínio Barbosa de Camargo e Luciano Martins Verdade e pelos técnicos Edmar Antonio Mazzi, Fabiana Cristina Fracassi Adorno, Geraldo de Arruda Júnior e Maria Antonia Zambetta Perez pelo convívio e imenso auxílio nas análises isotópicas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: processo n° 142682/2011-0) pela bolsa.

Ao *Crocodile Specialist Group* da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) pelo *Student Research Assistance Scheme*.

Ao Dil, Ilson Aires, Elisabete Aires, Juraci de Camargo (Nê) e Sônia de Camargo pelo acolhimento fraterno durante as campanhas de campo e por viabilizarem a captura dos crocodilianos ao transmitirem seus conhecimentos da área de estudo.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) e ao PPGI Ecologia Aplicada pela oportunidade e estrutura concedida.

À Antonia Mara Piacentini Casarin (secretária do PPGI) por todo apoio e disposição nos esclarecimentos de minhas dúvidas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP: processo n° 2008/07070-6 e processo n° 2006/60954-4 e) pela bolsa e auxílio financeiro.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela concessão da licença necessária para o desenvolvimento deste estudo.

Às empresas Suzano e Eucatex pelo apoio logístico e operacional.

Ao criatório Caiman pelo apoio logístico e por tornar viável a condução do experimento em condições controladas com o jacaré-de-papo-amarelo.

Às demais pessoas que me auxiliaram no desenvolvimento deste projeto.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
Referências	18
2 ESTRUTURA POPULACIONAL DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (<i>Caiman latirostris</i>) EM PAISAGEM SILVICULTURAL	25
Resumo	25
Abstract.....	25
2.1 Introdução.....	26
2.2 Material e métodos	28
2.2.1 Área de estudo	28
2.2.2 Metodologia amostral	30
2.2.3 Metodologia analítica	30
2.3 Resultados.....	33
2.4 Discussão	35
2.5 Conclusões.....	39
Referências	40
3 ÁREA DE VIDA E PADRÃO DE MOVIMENTAÇÃO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (<i>Caiman latirostris</i>) EM PAISAGEM SILVICULTURAL	47
Resumo	47
Abstract.....	47
3.1 Introdução.....	48
3.2 Materiais e métodos.....	50
3.2.1 Área de estudo	50
3.2.2 Metodologia amostral	51
3.2.3 Metodologia analítica	53
3.3 Resultados.....	54
3.4 Discussão	60
3.5 Conclusões.....	63
Referências	64

4 FATOR DE DISCRIMINAÇÃO ISOTÓPICO ($\Delta^{13}\text{C}$ E $\Delta^{15}\text{N}$) ENTRE TECIDOS E DIETA DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (<i>Caiman latirostris</i>)	71
Resumo.....	71
Abstract	71
4.1 Introdução	72
4.2 Material e métodos	74
4.2.1 Metodologia amostral	74
4.2.2 Metodologia analítica.....	76
4.3 Resultados	76
4.4 Discussão	79
4.5 Conclusões	83
Referências	84
5 VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA DE NICHOS ISOTÓPICOS EM JACARÉS-DE-PAPO-AMARELO (<i>Caiman latirostris</i>).....	89
Resumo.....	89
Abstract	89
5.1 Introdução	89
5.2 Materiais e métodos	92
5.2.1 Área de estudo.....	92
5.2.2 Metodologia amostral	92
5.2.3 Metodologia analítica.....	94
5.3 Resultados	96
5.4 Discussão	100
5.5 Conclusões	104
Referências	105
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113

RESUMO

Estrutura populacional, uso do espaço e ecologia trófica de jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em paisagem silvicultural

O jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) é um crocodiliano de médio porte que apresenta ampla distribuição na América do Sul. O avanço das atividades antrópicas pode afetar negativamente suas populações. No entanto, a espécie aparentemente apresenta capacidade de colonizar habitats alterados em resposta à destruição dos seus habitats naturais, por isso, estudos nestes ambientes são importantes a fim de orientar futuros programas de conservação da espécie. Este estudo apresentou como objetivos verificar a estrutura populacional, uso do espaço e variação de nicho no jacaré-de-papo-amarelo em paisagem silvicultural, além de determinar fatores de discriminação isotópicos. O presente estudo foi realizado em duas fazendas de silvicultura na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, estado de São Paulo. Os jacarés foram capturados por meio de armadilhas e com auxílio de laço de cabo de aço. No primeiro capítulo desta tese foram investigados aspectos da estrutura populacional da espécie. No total foram capturados 16 filhotes, 28 juvenis (♀: 7; ♂: 21) e 8 adultos (♀: 4; ♂: 4). A estimativa da abundância populacional foi de 51 indivíduos (I.C. 95%: 36 - 70 indivíduos), desconsiderando os filhotes nas análises. A densidade estimada foi 2,6 indivíduos/ha (I.C. 95%: 1,8 - 3,5 indivíduos/ha) e a biomassa estimada foi de 13,3 kg/ha (I.C. 95%: 9,2 - 17,9 kg/ha). A densidade linear 11,3 indivíduos/km (I.C. 95%: 7,9 - 15,5 indivíduos/km). No segundo capítulo foram abordados aspectos ligados à área de vida e movimentação da espécie. Oito animais adultos (4 ♂ e 4 ♀) foram monitorados por meio de radiotelemetria. A média da área de vida da espécie foi estimada segundo o mínimo polígono convexo e kernel 95% em $96,6 \pm 183,9$ ha e $43,2 \pm 78,6$ ha, respectivamente. Não houve diferença entre os sexos. O deslocamento diário médio foi $37,6 \pm 18,6$ m/dia. Os animais apresentaram deslocamento diário marginalmente maior durante o período reprodutivo. A matriz da paisagem mostrou permeabilidade ao deslocamento dos animais. No terceiro capítulo foram descritos os fatores de discriminação entre a dieta e tecidos do jacaré-de-papo-amarelo e possíveis diferenças entre classes etárias. As razões isotópicas de carbono e nitrogênio foram determinadas em amostras de unha e pele coletadas de 18 animais de cativeiro e em 15 amostras de sua dieta. O $\Delta^{13}\text{C}$ foi $1,2 \pm 0,1\text{‰}$ para a unha e $0,9 \pm 0,2\text{‰}$ para a pele; o $\Delta^{15}\text{N}$ foi $1,1 \pm 0,1\text{‰}$ para a unha e $0,8 \pm 0,2\text{‰}$ para a pele. Estes valores são menores que os comumente assumidos em estudos ecológicos (3-5 ‰). Os resultados deste estudo enfatizam a necessidade da determinação de fatores de discriminação específicos para cada táxon, ao contrário de assumir valores médios a partir da literatura. No quarto capítulo foram abordadas possíveis variações ontogenéticas e sexuais de nicho na espécie utilizando análises isotópicas das unhas dos animais capturados. Foi identificada variação ontogenética discreta de nicho isotópico e diferença sexual somente para os juvenis. Estes resultados podem indicar uma possível exploração distinta dos recursos, com consequente redução na competição intraespecífica.

Palavras-chave: Crocodilianos; Área de vida; Ambientes alterados; Isótopos estáveis

ABSTRACT

Population structure, use of space and trophic ecology of Broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) in silvicultural landscape

The Broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) is a medium size crocodilian widely distributed in South America. The advancement of human activities can negatively affect their populations. However, the species apparently has ability to colonize anthropic environments in response to the destruction of their natural habitat, so study these environments are important in order to guide future conservation programs for specie. This study presented as objectives verify the population structure, space use and niche variation in Broad-snouted caiman in landscape silvicultural, besides determining discrimination isotopic factors. This study was conducted in two silvicultural farms in the Alto Paranapanema watershed, São Paulo state. The caimans were captured at night with baited traps and with the aid of steel cable. In the first chapter of this thesis we investigated aspects of the population structure. In total, were captured 16 hatchlings, 28 juveniles (♀: 7; ♂: 21) and 8 adults (♀: 4; ♂: 4). The estimation of population abundance for the study area was 51 individuals (C.I. 95%: 36 - 70 individuals), excluding the hatchlings in the analyzes. The estimated density was 2.6 individuals/ha (C.I. 95%: 1.8 - 3.5 individuals/ha) and biomass was 13.3 kg/ha (C.I. 95%: 9.2 - 17.9 kg/ha). The linear density was 11.3 individuals/km (C.I. 95%: 7.9 - 15.5 individuals/km). In the second chapter, we have discussed aspects related to the home range and movement. Eight adults animals (4 ♂: 4 ♀) were monitored by radio telemetry. The average home range was estimated according to the minimum convex polygon and kernel 95% in 96.6 ± 183.9 ha and 43.2 ± 78.6 ha, respectively. There was no difference between the sexes. The average daily movement was 37.6 ± 18.6 m/day. The animals daily movement marginally higher during the reproductive period. The matrix showed some landscape permeability displacement of animals. In the third chapter we have described the discrimination factors between diet and tissues of Broad-snouted caiman and possible differences between age groups. The isotopic ratios of carbon and nitrogen were determined in claw and scute samples collected from 18 captive animals and in 15 samples of their diet. The $\Delta^{13}\text{C}$ was 1.2 ± 0.1 ‰ for claw and 0.9 ± 0.2 ‰ for scutes; the $\Delta^{15}\text{N}$ was 1.1 ± 0.1 ‰ for claw and 0.8 ± 0.2 ‰ for scutes. These values were much lower than the values commonly assumed in ecological studies (3-5 ‰) and similar to a previous study with crocodilians. The results of this study emphasize the need to determine discrimination factors specific to taxa instead of assuming average values derived from the literature. In the fourth chapter, were addressed possible ontogenetic and sexual niche differences in species using isotope analysis of animals claws. We identified a discrete ontogenetic variation in the isotopic niche and sexual difference only for juveniles. These results may indicate differences in the exploitation of food resources and a consequent reduction in intraspecific competition.

Keywords: Crocodilians; Home range; Altered environments; Stable isotopes

1 INTRODUÇÃO GERAL

O jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) é um crocodiliano de médio porte da família Alligatoridae que pode alcançar comprimento máximo de 3,5 metros (VERDADE, 1998). Esta espécie possui como característica marcante, o rostro mais largo em relação ao comprimento da cabeça entre todos os crocodilianos (VERDADE; PIÑA, 2007). O padrão de coloração do seu corpo é verde escuro, possivelmente como resultado da adaptação para se manter camuflado nos ambientes que explora e para absorver maior radiação solar (BRAZAITIS, 1973).

A distribuição geográfica do jacaré-de-papo-amarelo compreende a região sudeste da América do Sul, incluindo nordeste da Argentina, sudoeste da Bolívia, o leste do Brasil, sul do Paraguai e norte do Uruguai (Figura 1; VERDADE; LARRIERA; PIÑA, 2010). Esta espécie aquática era encontrada primariamente em ambientes lênticos incluindo lagoas, pântanos, várzeas e mangues ao longo da costa atlântica brasileira (MEDEM, 1983). No entanto, atualmente existem registros da ocupação em outros tipos de habitats, como lagos, rios, riachos e açudes (BORTEIRO et al., 2006). Açudes artificiais, como reservatórios de água para agricultura ou criação de gado, também estão sendo utilizados pela espécie (SCOTT; AQUINO; FITZGERALD, 1990; VERDADE; LAVORENTI, 1990; BORTEIRO et al. 2001, 2008, BORTEIRO, 2005).

O jacaré-de-papo-amarelo foi considerado uma espécie ameaçada de extinção durante muitos anos em nível nacional e internacional (GROOMBRIDGE, 1987; BERNARDES; MACHADO; RYLANDS, 1990), contudo, atualmente não se enquadra nesta classificação segundo a Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (MMA, 2008) e passou para a categoria “*Low Risk/Least Concern*” na Lista Vermelha da *International Union for Conservation of Nature* (CSG, 1996). A CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) ainda classifica este

crocodiliano no apêndice I (espécies proibidas de serem comercializadas internacionalmente devido ao seu grau de ameaça), exceto na Argentina (apêndice II: espécies cujo comércio internacional pode ser autorizado por meio da concessão de licença), o que restringe significativamente a possibilidade de comércio internacional de seus produtos (e.g. carne e couro).

Figura 1 - Distribuição geográfica do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) na América do Sul (Fonte: VERDADE; LARRIERA; PIÑA, 2010)

As densidades populacionais do jacaré-de-papo-amarelo são variáveis ao longo da distribuição, sendo que geralmente são encontrados pequenos grupos de indivíduos em áreas úmidas no Brasil e grandes populações na Argentina (VERDADE; PIÑA, 2007; VERDADE;

LARRIERA; PIÑA, 2010). Este fato possibilitou a adoção do programa de *ranching* (criação em cativeiro de filhotes a partir da coleta de ovos em ambiente natural) na Argentina (LARRIERA, 1993, 1994) e somente *farming* (criação no cativeiro em ciclo fechado) no Brasil (VERDADE, 2001).

O Programa de Conservação do Jacaré-de-Papo-Amarelo da Universidade de São Paulo (campus Piracicaba) iniciou suas atividades em 1988 focando suas pesquisas principalmente na manutenção e reprodução da espécie em cativeiro (VERDADE; LAVORENTI, 1990; VERDADE, 2001). O potencial econômico do jacaré-de-papo-amarelo tanto para a produção da carne quanto do couro originou grande interesse do setor privado para o desenvolvimento de um sistema comercial de produção (VERDADE, 1997). Depois de alguns anos, o programa aumentou seu escopo ao investigar de forma interdisciplinar diversos aspectos da biologia e manejo do jacaré-de-papo-amarelo em cativeiro e ambientes naturais, devido à constatação da necessidade de monitorar as populações selvagens da espécie.

Nestas duas décadas da história do programa, o conhecimento da biologia e manejo deste crocodiliano aumentou consideravelmente devido a pesquisas em biologia reprodutiva (VAC et al., 1992; LARSEN et al., 1992; VERDADE et al., 1992a, 1992b, VERDADE; LAVORENTI; PACKER, 1993; VERDADE, 1995; VERDADE; SARKIS, 1998; VERDADE, 2001b; VERDADE et al., 2003; LARRIERA et al., 2004; MONTINI et al., 2006; PIÑA et al., 2007b), comportamento social (VERDADE, 1992, 1999; PIFFER; VERDADE, 2002), comportamento de termorregulação (VERDADE et al., 1994; FINCATTI; VERDADE, 2002; BASSETTI et al., 2005), manejo alimentar (VERDADE et al., 1992c, SARKIS-GONÇALVES; CASTRO; VERDADE, 2002; SARKIS-GONÇALVES et al. 2002), aspectos sanitários (RAMOS et al., 1992; GARCIA et al., 1993), morfometria (VERDADE, 2000; VERDADE, 2003; PIÑA et al, 2007a), biologia molecular (ZUCOLOTO; VERDADE; COUTINHO, 2002; VERDADE; ZUCOLOTO; COUTINHO, 2002; VILLELA et al., 2008;

ZUCOLOTO et al., 2009) e uso do espaço (VERDADE; PIÑA; ARAÚJO, 2006). Além disso, *workshops* regionais foram realizados com o intuito de unir esforços e fomentar a discussão científica sobre a espécie (VERDADE; SANTIAGO, 1991; VERDADE; LAVORENTI, 1992; VERDADE et al., 1993).

Recentemente, o plano de ação para o jacaré-de-papo-amarelo do *Crocodile Specialist Group* (IUCN - *International Union for Conservation of Nature*) identificou ações prioritárias a serem desenvolvidas com a espécie para sua conservação (VERDADE; LARRIERA; PIÑA, 2010). As recomendações apontam a necessidade de estudos sobre a distribuição e estado das populações do jacaré-de-papo-amarelo ao longo de sua área de ocorrência, além de trabalhos focando entender sua capacidade de colonizar ambientes antrópicos como resposta à destruição dos seus habitats naturais.

Áreas de silvicultura são exemplos de agroecossistemas em expansão que servem de habitat para o jacaré-de-papo-amarelo. Atualmente, áreas de silvicultura abrangem 6,66 milhões de hectares do território brasileiro, dos quais 1,18 milhões de hectares estão no estado de São Paulo que detém a segunda posição em área cultivada dentre os demais estados (ABRAF, 2013). A demanda crescente dos produtos derivados do eucalipto tem proporcionado estimativas de acentuado crescimento da área cultivada para os próximos anos (SBS, 2008). A expansão das áreas de silvicultura traz novos elementos na composição da paisagem que interferem diretamente na dinâmica das populações de animais silvestres (SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991; THRELFALL; LAW; BANKS, 2012). Neste contexto, o uso do espaço e a dieta dos animais podem sofrer alteração rápida quando submetidos a esta nova condição.

No caso do uso do espaço, técnicas de radiotemetria têm sido empregadas por pesquisadores nas últimas décadas para a obtenção de informações preciosas sobre a forma como espécies selvagens utilizam seus habitats na busca dos recursos necessários para sua

sobrevivência (JACOB; RUDRAN, 2003). Ela se baseia na coleta de das localizações de uma amostra representativa dos animais ao longo de um gradiente temporal (KERNOHAN; GITZEN; MILLSPAUGH, 2001). Entretanto, esta metodologia ainda não é disseminada em estudos com crocodilianos, mesmo fornecendo dados essenciais para planos de manejo e conservação destas espécies.

No caso da dieta, recentes avanços conceituais e desenvolvimentos tecnológicos em ecologia isotópica propiciaram um grande aumento da aplicação dessa metodologia em estudos com animais selvagens (LAYMAN et al., 2012). A base da utilização destas análises reside no fato da composição isotópica variar de forma previsível conforme o elemento circula na natureza, além dos tecidos animais refletem a composição isotópica de seus alimentos (DeNIRO; EPSTEIN, 1978, 1981; CRAWFORD et al., 2008). A razão do isótopo do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) é amplamente utilizada para diferenciar fontes de carbono da dieta (PETERSON; FRY, 1987; FRY, 2006), enquanto, a razão do isótopo de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) para determinar o nível trófico de um organismo (MINIWAGA; WADA, 1984).

Novas abordagens analíticas têm surgido a fim de elucidar diversos aspectos da biologia das espécies com base na composição dos isótopos estáveis (LAYMAN et al. 2012), por exemplo, análises intra e interespecífica de nicho isotópico (área do polígono formado pelas composições isotópicas no δ espaço; NEWSOME et al., 2007; JACKSON et al., 2011). No entanto, a interpretação de dados isotópicos depende da estimativa de fatores de discriminação entre tecidos e dieta (CAUT; ÂNGULO; COURCHAMP, 2009). Fator de discriminação pode ser definido como a alteração da razão isotópica decorrente da discriminação de um isótopo em detrimento de outro, que ocorre em processos naturais, como evaporação, queima ou qualquer via metabólica (FARQUHAR et al., 1989).

Portanto, os objetivos gerais foram verificar a estrutura populacional, uso do espaço, variação de nicho no jacaré-de-papo-amarelo em paisagem silvicultural do estado de São

Paulo, além de determinar fatores de discriminação isotópicos para a espécie em experimento controlado.

Referências

- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013, ano base 2012**, 2013. Disponível em: http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf. Acesso em: 30 out. 2013.
- BASSETTI, L.A.B.; CHIANN, C.; TOLOI, C.M.C.; L.M. VERDADE. Comportamento de termorregulação em jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) adultos em cativeiro. In: MEMORIAS DE LA REUNIÓN REGIONAL DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE DEL GRUPO DE ESPECIALISTAS EN COCODRILOS, 2005. Santa Fé. **Papéis...** (CSG/SSC/IUCN). Santa Fé: Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Fe, 2005. p. 330-340.
- BERNARDES, A.T.; MACHADO, A.B.M.; RYLANDS, A.B. **Fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília: IBAMA, 1990. 65p.
- BORTEIRO, C. **Abundancia, estructura poblacional y dieta de yacarés (*Caiman latirostris*: Crocodylia, Alligatoridae) en ambientes antrópicos del Departamento de Artigas, Uruguay**. 2005. 79p. Tese (Doutorado em Biología) - Universidad de la República, Montevideo, 2005.
- BORTEIRO, C.; GUTIÉRREZ, F.; TEDROS, M.; KOLENC, F. Conservation status o *Caiman latirostris* (Crocodylia: Alligatoridae) in disturbed landscapes of northwestern Uruguay. **South American Journal of Herpetology**, São Paulo, v. 3, p. 244-250, 2008.
- BORTEIRO, C.; TEDROS, F.; GUTIÉRREZ, F.; KOLENC, F.; SPERANZA, G.; DRAGONETTI, J.P. First survey of *Caiman latirostris* in northern Uruguay. In: **Crocodile Specialist Group Newsletter**, Sanderson, v. 20, p. 28-30, 2001.
- BRAZAITIS, P. The identification of living crocodiles. **Zoologica**, New York, v. 58, n. 1/4, p. 59-101, 1973.
- CAUT; ÂNGULO; COURCHAMP. Variation in discrimination factors ($\Delta^{15}\text{N}$ and $\Delta^{13}\text{C}$): the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 46, p. 443-453, 2009.
- CRAWFORD, K.; MCDONALD, R.A.; BEARHOP, S. Applications of stable isotope techniques to the ecology of mammals. **Mammal Review**, Southampton, v. 38, p. 87-107, 2008.
- CSG - Crocodile Specialist Group 1996. *Caiman latirostris*. In: **IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on: 06 Aug. 2013.

DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 42, p. 495–506, 1978.

_____. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 45, p. 341–351, 1981.

FARQUHAR, G.D.; EHRLINGER, J.R.; HUBICK, K.T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 40, p. 503–537, 1989.

FINCATTI, C.R.; VERDADE, L.M. Variação térmica micro-climática em estufa plástica e sua aplicação para a manutenção de filhotes de jacarés. In: VERDADE, L.M.; LARRIERA, A. (Ed). **La Conservación y Manejo de los Crocodylia de America Latina**. Piracicaba: CN Editoria, 2002. v. 2, p. 91–97.

FRY, B. **Stable Isotope Ecology**. New York: Springer Science & Business Media, USA, 2006. 298p.

GARCIA, P.B.; MATUSHIMA, E.R.; RAMOS, M.C.C.; DIAS, J.L.C.; VERDADE, L.M. Variações sazonais do padrão hematológico e proteico de jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*): resultados preliminares. In: VERDADE, L.M.; PACKER, I.U.; ROCHA, M.B.; MOLINA, F.B.; DUARTE, P.G.; LULA, L.A.B.M. (Ed.). WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 3., 1993. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1993. p. 51–60.
GROOMBRIDGE, B. The distribution and status of world crocodilians. In: WEBB G.J.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987. p. 9–21.

JACKSON, A.L.; INGER, R.I.; PARNELL, A.C.; BEARSHOP, S. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER – Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 80, p. 595–602, 2011.

JACOB, A. A.; RUDRAN, R. Radiotelemetria em estudos populacionais. In: CULLEN JÚNIOR, L.; RUDAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Coord.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 285–342.

KERNOHAN, B.J.; GITZEN, R.A.; MILLSPAUGH, J.J. Analysis of Animal Space Use and Movements. In: MILLSPAUGH, J.J.; MARZLUFF, J.M. (Ed.). **Radio Tracking and Animal Populations**. London: Academic Press, 2001. 474p.

LARRIERA, A. A program of monitoring and recovering of wild populations of caimans in Argentina with the aim of management. Progress report. In: Zoocría de los Crocodylia. **Memorias de la I Reunión Regional del CSG. IUCN**. Gland, v. 1, n. 1, p. 270–277, 1993.

LARRIERA, A. *Caiman latirostris* ranching program in Santa Fe, Argentina, with the aim of management. In: Crocodiles WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 12., 1994. Gland. **Proceedings...** Gland: IUCN, 1994. p. 188–199.

LARRIERA, A.; PIÑA C.I.; SIROSKI, P.; VERDADE, L.M. Allometry of reproduction in wild broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Journal of Herpetology**, Athens, v. 38, n. 2, p. 141–144, 2004.

LARSEN, R.E.; VERDADE, L.M.; MEIRELLES, C.F.; LAVORENTI, A. Broad-nosed caiman (*Caiman latirostris*) semen collection, evaluation, and maintenance in diluents. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 11., 1992. Gland **Proceedings...** Gland: IUCN, 1992. v. 1 p. 270-276.

LAYMAN, C.A.; ARAUJO, M.S.; BOUCEK, R.; HAMMERSCHLAG-PEYER, C.M.; HARRISON, E.; JUD, Z.R.; MATICH, P.; ROSENBLATT, A.E.; VAUDO, J.J.; YEAGER, L.A.; POST, D.M.; BEARHOP, S. 2012. Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. **Biological Reviews**, v. 87, p. 545-562.

MEDEM, F. **Los Crocodylia de Sur America**. Bogotá: Colciencias, 1983. v. 2. p. 270.

Ministério do Meio Ambiente. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. In: MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M.; PAGLIA, A.P. (Ed.). Brasília: MMA; Fundação Biodiversitas, 2008. p. 1420.

MINAGAWA, M.; WADA, E. Step-wise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\Delta^{15}\text{N}$ and animal age. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, NewYork, v. 48, p. 1135–1140, 1984.

MONTINI, J.P.; PIÑA, C.I.; LARRIERA, A.; SIROSKI, P.; VERDADE, L.M. The relationship between nesting habitat and hatching sucess in *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae). **Phyllomedusa**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 91-96, 2006.

NEWSOME, S.D.; DEL RIO, C.M.; BEARHOP, S.; PHILLIPS, D.L. A niche for isotopic ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 5, p. 429-436, 2007.

PETERSON, B.J.; FRY, B. Stable isotopes in ecoystem studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 293-320, 1987.

PIÑA, C.I.; LARRIERA, A.; SIROSKI, P.; VERDADE, L.M. Cranial sexual discrimination in hatchling broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Iheringia**, Porto Alegre, v. 97, p. 17-20, 2007a.

PIÑA, C.I.; SIROSKI, P.; LARRIERA, A.; LANCE, V.A.; VERDADE, L.M. The temperature-sensitive period (TSP) during incubation of broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) eggs. **Amphibia-Reptilia**, Wiesbaden, v. 28, p. 123-128, 2007b.

PIFFER, T.R.O.; VERDADE, L.M. *Caiman latirostris* (broad-snouted caiman) courtship behavior. **Herpetological Review**, Lawrence, v. 33, n. 2, p. 132-133, 2002.

RAMOS, M.C.C.; MATUSHIMA, E.R.; VERDADE, L.M.; CARVALHO, V.M.; SANCHEZ, F. Microbiota bacteriana aeróbica oral de jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*): implicação no manejo em cativeiro. In: VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A. Ed. WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 2., 1992. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1992. p. 33-42.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystems fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Boston, v. 5, p. 18-32, 1991.

SARKIS-GONÇALVES, F.; CASTRO, A.M.V.; VERDADE, L.M.. Uso de descartes de origem animal e ganho de peso de jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 243-250, 2002.

SARKIS-GONÇALVES, F.; BÓSCOLO, F.N.; CASTRO, A.M.V.; VERDADE, L.M. Influência da dieta na formação de osteodermos em jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. In: VERDADE, L.M.; LARRIERA, A. Ed. **La Conservación y Manejo de los Crocodylia de America Latina**. Piracicaba: CN Editoria, 2002. v. 2 p. 157-165.

SBS (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA). 2018. Fatos e números do Brasil Florestal. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>. Acesso em: 24 out.2013.

SCOTT, N.J.; AQUINO, A.; FITZGERALD, L.A. Distribution, habitats and conservation of the caiman (alligatoridae) of Paraguay. **Vida Silvestre Neotropical**, Washington, D.C., v. 2, p. 43-51, 1990.

THRELFALL, C.G.; LAW, B.; BANKS, P.B. Influence of landscape structure and human modifications on insect biomass and bat foraging activity in an urban landscape. **Plos One**, San Francisco, v. 7, p. e38800, 2012.

VAC, M.H.; VERDADE, L.M.; MEIRELLES, C.F.; LARSEN, R.E.; MICHELOTTI, F.; RANGEL, M.C.; SALEM, C.Z.; LAVORENTI, A. Ultrasound evaluation of the follicle development in adult female broad-nosed caiman (*Caiman latirostris*). In: **Crocodyles. WORKING MEETING OF THE CROCODILE SPECIALIST GROUP**, 11., 1992 IUCN. Gland. **Proceedings...** IUCN. Gland, 1992. v. 2, p. 176-183.

VERDADE, L.M. Agonistic social behavior of broad-nosed caiman (*Caiman latirostris*) in captivity: implications to reproductive management. In: **WORKING MEETING OF THE CROCODILE SPECIALIST GROUP**, 11., 1992 IUCN. Gland. **Proceedings...** IUCN. Gland, 1992. v. 2, p. 200-217.

VERDADE, L.M. Biologia reprodutiva do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em São Paulo, Brasil. In: LARRIERA, A.; VERDADE, L.M. (Ed.). **Conservación y Manejo de los Crocodylia de America Latina**. Santo Tomé: Fundación Banco Bica, 1995. v. 1, p. 57-79.

VERDADE, L.M. Manejo e conservação do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em São Paulo, Brasil. In: VALLADARES-PÁDUA, C.B.; BODMER, R.E.; CULLEN, L., Jr. (Ed.). **Manejo de Vida Silvestre para a Conservação. Sociedade Civil Mamirauá**. Mamirauá, 1997. p. 222-232.

VERDADE, L.M. *Caiman latirostris*. In: ROSS, J.P. (Ed.). **Crocodyles Status Survey and Conservation Action Plan IUCN**, Gland, 1998. p. 18-20.

VERDADE, L.M. *Caiman latirostris* (broad-snouted caiman) behavior. **Herpetological Review**, Lawrence, v. 30, n. 1, p. 38-39, 1999.

VERDADE, L.M. Regression equations between body and head measurements in the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, p. 469-482, 2000.

VERDADE, L.M. O Programa Experimental de Criação em Cativeiro do Jacaré-de-Papo-Amarelo (*Caiman latirostris*) da ESALQ / USP: Histórico e Perspectivas. In: MATTOS, W.R.S. [Ed.]. **A Produção Animal na Visão dos Brasileiros**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001a p. 559-564.

VERDADE, L.M. Allometry of reproduction in broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 61, n. 3, p. 171-175, 2001b.

VERDADE, L.M. Cranial sexual dimorphism in captive adult broad-snouted-caiman (*Caiman latirostris*). **Amphibia-Reptilia**, Wiesbaden, v. 24, p. 92-99, 2003.

VERDADE, L.M.; LARRIERA, A.; PIÑA, C.I. Broad-snouted caiman *Caiman latirostris*. In: Manolis, C.; STEVENSON, C. Ed. **Crocodiles**: Status Survey and Conservation Action Plan. 3rd ed. Crocodile Specialist Group / SSC / IUCN. Darwin, 2010. p. 18-22.

VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A. Preliminary notes on the status and conservation of *Caiman latirostris* in the state of Sao Paulo, Brazil: Directions of the captive breeding, reintroduction and management program. In: **Crocodiles**. WORKING MEETING OF THE CROCODILE SPECIALIST GROUP, 10., 1990 Gland. **Proceedings...** Gland: IUCN. 1990. p. 231-237.

VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A. WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 11., 1992. Piracicaba **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1992. p. 111.

VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A.; MICHELOTTI, F.; RANGEL, M.C.; CULLEN Jr., L.; ERNANDES, M.M. Preliminary notes on nesting Biology of the broad-nosed caiman (*Caiman latirostris*) in São Paulo, Brazil. In: WORKING MEETING OF THE CROCODILE SPECIALIST GROUP, 11., 1992 IUCN. Gland. **Proceedings...** IUCN. Gland, 1992a. v. 2, p. 226-232.

VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A.; PACKER, I.U. Manejo reprodutivo do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. In: VERDADE, L.M.; PACKER, I.U.; ROCHA, M.B.; MOLINA, F.B.; DUARTE, P.G.; LULA, L.A.B.M. (Ed.). WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 3., 1993. Piracicaba **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1993. p. 143-152.

VERDADE, L.M.; MICHELOTTI, F.; RANGEL, M.C.; CULLEN Jr., L.; ERNANDES, M.M.; LAVORENTI, A. Manejo dos ovos de jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) no CIZBAS / ESALQ / USP. In: VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A. (Ed.). **Anais do II. Workshop sobre Conservação e Manejo do Jacaré-de-Papo-Amarelo (*Caiman latirostris*)**. Piracicaba: ESALQ, 1992b, In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 2., 1992. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1992b. p. 92-99.

_____. Manejo alimentar de filhotes de jacarés-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. In: VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A. (Ed.). In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 2., 1992. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1992c. p. 77-91.

VERDADE, L.M.; PACKER, I.U.; MICHELOTTI, F.; RANGEL, M.C. Thermoregulatory behavior of broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) under different thermal regimes. In:

- LARRIERA, A.; IMHOF, A.; von FINCK, M.C.; COSTA, A.L.; TOURN, S.C. (Ed.). WORKSHOP SOBRE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL YACARE OVERO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 4., 1994. **Memorias...** Santo Tomé: Fundación Banco Bica, 1994. p. 84-94.
- VERDADE, L.M.; PACKER, I.U.; ROCHA, M.B.; MOLINA, F.B.; DUARTE, P.G.; LULA, L.A.B.M. . In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 3., 1993. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1993. p. 77-91.
- VERDADE, L.M. ; PIÑA, C.I. O jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris* Daudin, 1802). In: NASCIMENTO, L.B.; OLIVEIRA, M.E. (Org.). **Herpetologia no Brasil**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Herpetologia, v. 2, p. 295-307, 2007.
- VERDADE, L.M.; PIÑA, C.I.; ARAÚJO, J.L.O. Diurnal use of space by captive adult broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*): Implications for pen design. **Aquaculture**, New York, v. 251, p. 333-339, 2006.
- VERDADE, L.M.; SANTIAGO, M.E.B. In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*CAIMAN LATIROSTRIS*), 1., 1991. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1993. p. 31.
- VERDADE, L.M.; SARKIS, F. Age at first reproduction in captive *Caiman latirostris* (broad-snouted caiman). **Herpetological Review**, Lawrence, v. 29, n. 4, p. 227-228, 1998.
- VERDADE, L.M.; SARKIS-GONÇALVES, F.; MIRANDA-VILELLA, M.P.; BASSETTI, L.A.B. New record of age at sexual maturity in captivity for *Caiman latirostris* (broad-snouted caiman). **Herpetological Review**, Lawrence, v. 34, n. 3, p. 225-226, 2003.
- VERDADE, L.M.; ZUCOLOTO, R.B.; COUTINHO, L.L. Microgeographic variation in *Caiman latirostris*. **Journal of Experimental Zoology**, New York, v. 294, p. 387-396, 2002.
- VILLELA, P.M.S.; COUTINHO, L.L.; PIÑA, C.I.; VERDADE, L.M. Macrogeographic genetic variation in broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Journal of Experimental Zoology**, New York, v. 309A, p. 1-9, 2008.
- ZUCOLOTO, R.B.; VERDADE, L.M.; VILLELA, P.M.S.; REGITANO, L.C.A.; COUTINHO, L.L. Parentage test in broad-snouted caimans (*Caiman latirostris*, Alligatoridae) using microsatellite DNA. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 32, p. 874-881, 2009.
- ZUCOLOTO, R.B.; VERDADE, L.M.; COUTINHO, L.L. DNA microsatellite library for the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Journal of Experimental Zoology**, New York, v. 294, p. 346-351, 2002.

2 ESTRUTURA POPULACIONAL DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*Caiman latirostris*) EM PAISAGEM SILVICULTURAL

Resumo

O jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) é um crocodiliano sul-americano com uma situação complexa quanto à conservação, pois suas populações encontram-se fragmentadas em grande parte de sua área de distribuição geográfica. No entanto, a espécie ocupa ambientes alterados, como reservatórios de água para pecuária e agricultura, o que evidencia possíveis processos adaptativos a pressões antrópicas. Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo determinar a estrutura populacional do jacaré-de-papo-amarelo em uma paisagem silvicultural na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, estado de São Paulo, Brasil. Os jacarés foram capturados no período noturno, por meio de armadilhas do tipo covo ou com auxílio de laço de cabo de aço. No total foram capturados 52 indivíduos, sendo 16 filhotes, 28 juvenis (♀: 7; ♂: 21) e 8 adultos (♀: 4; ♂: 4). A média do comprimento rostro-cloacal e massa corpórea foram respectivamente, $10,9 \pm 0,3$ cm e $0,03 \pm 0,01$ kg para os filhotes; $38,2 \pm 5,8$ cm e $1,57 \pm 0,65$ kg para os juvenis; $82,2 \pm 9,1$ cm e $16,50 \pm 6,58$ kg para os animais adultos. A distribuição das classes pseudoetárias é semelhante ao descrito para a espécie em outros ambientes. A taxa entre os sexos foi de 1:1 (♀:♂) para adultos e de 0,33:1 (♀:♂) para juvenis. A estimativa da abundância populacional para a área de estudo foi de 51 indivíduos (I.C. 95%: 36 - 70 indivíduos), desconsiderando os filhotes nas análises. A densidade estimada foi 2,6 indivíduos/ha (I.C. 95%: 1,8 - 3,5 indivíduos/ha) e a biomassa estimada foi de 13,3 kg/ha (I.C. 95%: 9,2 - 17,9 kg/ha). A densidade linear 11,3 indivíduos/km (I.C. 95%: 7,9 - 15,5 indivíduos/km). Os presentes resultados mostram que estudos ecológicos de longa duração devem servir de base para o processo de tomada de decisões quanto ao manejo da espécie tanto em ambientes naturais quanto antrópicos.

Palavras-chave: Crocodilianos; Razão sexual; Densidade populacional; Ambientes alterados

Abstract

The Broad-snouted-caiman (*Caiman latirostris*) is a South American crocodilian with a complex situation regarding the conservation, because their populations are fragmented largely on their geographical distribution. However, the species occupies anthropic environments such as water tanks for livestock and agriculture, highlighting possible adaptive processes to anthropic pressures. In this context, the present study aimed to determine the population structure of broad-snouted-caiman in a silvicultural landscape in the Alto Paranapanema watershed, São Paulo, Brazil. The caimans were captured at night with baited traps and with the aid of steel cable. In total, 52 individuals were captured, 16 hatchlings, 28 juveniles (♀: 7; ♂: 21) and 8 adults (♀: 4; ♂: 4). The average snout-vent length and body mass were, respectively, 10.9 ± 0.3 cm and 0.03 ± 0.01 kg for hatchlings; 38.2 ± 5.8 cm and 1.57 ± 0.65 kg for juveniles; 82.2 ± 9.1 cm and 16.50 ± 6.58 kg for adult animals. The distribution of size classes is similar to that described for the species in other environments. The sex ratio was 1:1 (♀: ♂) for adults and 0.33:1 (♀: ♂) for juveniles. The estimation of population abundance for the study area was 51 individuals (C.I. 95%: 36 - 70 individuals), excluding the hatchlings in the analyzes. The estimated density was 2.6 individuals/ha (C.I. 95%: 1.8 - 3.5 individuals/ha) and biomass was 13.3 kg/ha (C.I. 95%: 9.2 - 17.9 kg/ha). The linear density was 11.3 individuals/km (C.I. 95%: 7.9 - 15.5 individuals/km). The present

results show that long-term ecological studies should be the basis for the management decisions of the species in both natural and anthropogenic environments.

Keywords: Crocodilians; Sex ratio; Population density; Altered environments

2.1 Introdução

O jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) é considerado um crocodiliano de médio porte, sendo dificilmente encontrados animais maiores que 2 metros na natureza (VERDADE, 1998). Esta espécie apresenta extensa distribuição latitudinal (5 a 34°S) exclusiva à América do Sul, que engloba Argentina, Bolívia, Paraguai, Uruguai e Brasil (VERDADE; PIÑA, 2006; VERDADE; LARRIERA; PINÃ, 2010). Sua ampla distribuição geográfica possivelmente é resultado de sua capacidade de ocupar diferentes tipos de habitats, como rios, lagos, pântanos, várzeas e mangues (MEDEM, 1983; VERDADE; PIÑA, 2007).

Este crocodiliano possui uma situação complexa quanto à conservação, pois suas populações se encontram fragmentadas em grande parte de sua distribuição como resultado das atividades humanas (VERDADE; LARRIERA; PINÃ, 2010). No passado, a espécie foi considerada ameaçada de extinção devido à caça indiscriminada e à destruição sistemática de seus habitats (BRAZAITIS; YAMASHITA; REBELO, 1990; MELO, 1993), mas atualmente não se enquadra nesta classificação segundo a Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (MMA, 2008). Os corpos d'água originalmente ocupados pelo jacaré-de-papo-amarelo têm sofrido grande pressão antrópica por meio da poluição de efluentes urbanos, resíduos industriais e insumos agroquímicos (VERDADE; LAVORENTI, 1990; SCOTT; AQUINO; FITZGERALD, 1990; MECHE et al., 2009; PIÑA et al., 2009). Porém, este predador de topo de cadeia no ambiente aquático tem resistido bem a estas novas situações, evidenciando possíveis processos adaptativos.

Atualmente existem registros da ocupação de habitats alterados pela espécie, como lagoas de decantação/urbanas e açudes artificiais (VERDADE; LAVORENTI, 1990;

BORTEIRO et al. 2006; FREITAS-FILHO, 2007). A construção de açudes como reservatórios de água para agricultura ou criação de gado favorecem a ocorrência e estabelecimento deste crocodiliano (SCOTT; AQUINO; FITZGERALD, 1990; VERDADE; LAVORENTI, 1990; BORTEIRO et al. 2001, 2008, BORTEIRO, 2005), pois fornecem um habitat estável em relação ao suprimento de água ao longo de todo o ano e consequentemente reduz o efeito da falta de precipitação sobre a reprodução da espécie (SIMONCINI et al., 2011).

A silvicultura tem aumentado sua importância econômica e ambiental no Brasil devido à ampliação de sua área cultivada, substituindo áreas de pastagens com baixa produtividade (VIANNA et al., 2007; ABRAF, 2012; SBS, 2013). A área brasileira de silvicultura atingiu 6,66 milhões de hectares em 2012, sendo que o estado de São Paulo detém a segunda posição dentre os demais estados em relação ao tamanho da área de cultivada (1,18 milhões de hectares: 17,8%; ABRAF, 2013). Esta cultura, em geral, mantém reservatórios artificiais (e.g., açudes e pequenas represas), a fim de garantir o abastecimento de água para eventuais casos de incêndios florestais. Tais ambientes podem servir como habitat para o jacaré-de-papo-amarelo, por isso, o conhecimento da estrutura populacional deste crocodiliano nesta paisagem é extremamente importante para avaliar o potencial de tais ambientes na conservação da espécie.

Informações sobre a estrutura populacional dos crocodilianos são fundamentais para o conhecimento de sua biologia em diferentes condições ambientais e para avaliar o impacto das atividades antrópicas sobre as populações selvagens (THORBJARNARSON, 1992). Fatores como caça e destruição de seus habitats naturais alteram drasticamente a abundância das populações destes animais e devem ser levados em consideração na criação de planos de manejo (WEBB; MANOLIS; WHITEHEAD, 1987; VELASCO; AYARZAGUEÑA, 1995; MOURAO et al., 1996). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi determinar a estrutura

populacional do jacaré-de-papo-amarelo em paisagem silvicultural da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, estado de São Paulo, Brasil.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado em duas fazendas de silvicultura, fazenda Três Lagoas (23°22'0'' - 23°20'41''S/48°28'0'' - 48°27'57''W) e fazenda Arca (23°20'0'' - 23°18'51''S/48°27'30'' - 48°28'20''W), situadas no município de Angatuba, centro-sul do Estado de São Paulo, Brasil. O clima da região é sub-tropical (Cwa), de acordo com o sistema de Köppen, possuindo inverno seco com temperaturas inferiores a 18°C e verão quente com temperaturas superiores a 22°C. A média da precipitação mensal acumulada durante o período de estudo foi 116 mm, variando de 1,6 mm em agosto de 2010 a 369,9 mm em janeiro de 2011 (dados fornecidos pela Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, Escola Superior de Aricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo).

As fazendas Três Lagoas e Arca têm área total de 3.242 ha e 1.122 ha, respectivamente. A paisagem em ambas é um mosaico formado pela matriz de silvicultura de eucalipto, fragmentos de vegetação nativa, pastos abandonados e corpos d'água. A área de estudo situa-se em uma zona de transição entre floresta estacional semidecidual e cerrado, que sofreu ciclos de desmatamento e revegetação ao longo do tempo (LISBOA, 2008). A matriz de silvicultura é formada predominantemente por *Eucalyptus grandis*, *E. urophila* e seu híbrido *E. urograndis*. Os fragmentos de vegetação nativa são compostos por cerrado *sensu stricto*, cerradão, floresta estacional semidecidual e matas ciliares em estágios variados de regeneração (ATHAYDE, 2012). Pastos abandonados correspondem aos remanescentes da antiga matriz de pastagens exóticas, substituídas entre 2006 e 2008 por eucaliptais. O gado foi retirado de tais áreas para a composição de Áreas de Proteção Permanente (APP) e Reserva

Legal (RL), de acordo com a legislação ambiental brasileira e com a exigência do *Forest Stewardship Council* (FSC) para o processo de certificação socioambiental.

Estas fazendas apresentam lagoas, ribeirões e diversos açudes originalmente construídos para fornecimento de água ao gado. As capturas dos jacarés ocorreram em cinco corpos d'água: Lagoão, Lagoa Suja, Três Lagoas, Açude Vermelho e Açude do Casemiro (Figura 1).

Figura 1 – Área de estudo (Fazenda Três Lagoas e Arca) localizada no município de Angatuba, estado de São Paulo, Brasil evidenciando os tipos de uso da terra e os corpos d'água onde foram efetuadas as capturas do *Caiman latirostris* (1 - Açude Vermelho; 2 – Lagoão; 3 - Lagoa Suja; 4 - Açude do Casemiro; 5 - Três Lagoas; adaptado de ATHAYDE, 2012)

2.2.2 Metodologia amostral

A captura dos jacarés foi realizada por meio de campanhas mensais de três dias/noites durante o período de fevereiro de 2010 a junho de 2010 e de outubro de 2010 a abril de 2011. Os indivíduos foram capturados com auxílio de laço de cabo de aço em barco nos corpos d'água após visualização com farol de luz forte e foco concentrado (HUTTON; LOVERIDGE; BLAKE, 1987). Quando o corpo d'água era pequeno, a aproximação para captura dos animais ocorria pela margem com imitação do som dos filhotes (WALSH, 1987). Além disso, armadilhas do tipo covo (três aros de ferro com um metro de diâmetro e malha de 6 cm) foram instaladas no interior dos corpos d'água próximas às suas margens visando aumentar o sucesso de captura.

Os animais capturados foram marcados individualmente com microchips (Destron, TX1414B) e externamente por meio de cortes nas cristas simples e duplas com uma combinação numérica previamente estabelecida (BOLTON, 1994). A determinação do sexo foi efetuada por meio do exame visual da morfologia da genitália com o auxílio de espéculo ginecológico (CHABRECK, 1963; ALLSTEAD; LANG, 1995). Medidas biométricas (comprimento total, rosto-cloacal e da cabeça) foram tomadas com fita métrica e a massa corpórea registrada com dinamômetro (VERDADE, 2000; 2003).

2.2.3 Metodologia analítica

A distribuição pseudoetária foi determinada a partir da classificação dos animais capturados segundo as classes de tamanho propostas por Larriera et al. (2006). Entretanto, elas foram convertidas de medidas baseadas no comprimento total para comprimento rostro-cloacal a partir de equações de regressão disponíveis para *C. latirostris* (relação TTL-SVL: $r^2 = 0.97$, $p < 0.001$; VERDADE, 2000), conforme segue: classe I (filhotes) < 25 cm, classe II

(juvenis) 25 – 67,9 cm, classe III (adultos) 68 – 101 cm e classe IV (machos grandes) > 102 cm.

A estimativa de abundância populacional foi obtida utilizando dados de captura e recaptura coletados ao longo de múltiplas campanhas de coleta de dados. Um histórico binário de captura foi construído para cada indivíduo com séries de 0 e 1 indicando ausência ou presença em cada ocasião. O histórico de captura “0011”, por exemplo, pode ser interpretado como quatro ocasiões de captura na qual o indivíduo foi detectado somente na terceira e quarta ocasiões.

A população foi considerada fechada (população na qual não há nascimentos, mortes, imigração e emigração) durante o período de estudo por atender as premissas testadas pelo programa CloseTest (STANLEY; BURNHAM, 1999; $\chi^2 = 12.0$; $p = 442$). Os ambientes amostrados se situam em áreas de nascente de microbacias de drenagem, sendo o limite da distribuição geográfica da espécie nestes ambientes. Em tais condições, a espécie mostra um padrão de baixa dispersão por geração (VERDADE; ZUCOLOTO; COUTINHO, 2002). Moradores locais que auxiliaram na localização dos grupos, mostraram grande conhecimento sobre a população, sendo capazes de identificar frequentemente indivíduos que se deslocaram de um corpo d’água a outro. Durante o período de estudo, tais moradores não identificaram sinais de chegada de novos indivíduos ou desaparecimento de indivíduos adultos residentes.

Modelos de população fechada foram utilizados para estimar a abundância populacional (OTIS et al., 1978). Estes modelos descrevem dois processos afetando os padrões de detecção e não detecção em múltiplas ocasiões de captura: probabilidades individuais de captura (p) e recaptura (c). Possíveis fontes de variabilidade dos parâmetros p e c foram descritas por meio da inclusão de covariáveis individuais e ambientais nos modelos. Os filhotes (classe I) foram desconsiderados nas análises devido à baixa sobrevivência dos indivíduos nesta classe de tamanho.

A probabilidade de captura foi modelada levando em consideração o fato que os indivíduos podem ter probabilidades distintas de captura de acordo com o sexo e o tamanho (WOODWARD; MARION, 1978; WOOD et al., 1985; LANG, 1987a; SARKIS-GONÇALVES; CASTRO; VERDADE, 2004). A temperatura mínima do ar, a sazonalidade e as metodologias de captura (laço e covó) também foram consideradas nas análises por afetarem a probabilidade de captura dos indivíduos. Os modelos foram selecionados usando o AIC (*Akaike Information Criterion*), sendo que modelos com $\Delta AIC \leq 2$ foram considerados igualmente plausíveis (BURNHAM; ANDERSON, 2002). Neste caso, dois modelos foram considerados melhores e igualmente plausíveis (método de captura e tamanho dos animais), por isso, a estimativa de abundância deriva da média dos modelos (*model average estimate*). As análises foram realizadas no programa MARK (WHITE; BURNHAM, 1999).

A densidade e biomassa dos animais foram expressas em NI/ha (NI = n° de indivíduos) e kg/ha, respectivamente. O cálculo da biomassa levou em consideração a massa corpórea média de juvenis e adultos, além da proporção de n° juvenis/n° adultos capturados na área de estudo. A abundância relativa (NI/Km) foi calculada utilizando a estimativa de abundância populacional e o perímetro total dos corpos d'água (VERDADE, 2001), pois o jacaré-de-papo-amarelo utiliza preferencialmente suas margens (VERDADE; PIÑA; ARAÚJO, 2006). As áreas e perímetros dos corpos d'água (19,5 ha e 4,51 km, respectivamente) foram determinadas por meio de imagens aéreas da área de estudo utilizando o ArcGIS 9 (ESRI, Redlands, California).

O teste de chi-quadrado (ZAR, 1996) foi aplicado para investigar se a razão sexual difere de 1:1. O teste t (ZAR, 1996) foi utilizado para verificar diferenças sexuais quanto ao comprimento rostro-cloacal e massa corpórea em juvenis (classe II) e adultos (classes III e IV). Análises de normalidade e homogeneidade de variância foram realizadas previamente.

Todos os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do software Minitab 16. As medidas foram expressas em média $\pm$ desvio padrão (DP).

2.3 Resultados

No total foram capturados 52 indivíduos de jacaré-de-papo-amarelo nas lagoas e açudes da área de estudo, sendo 16 classe I (30,8%), 28 classe II (53,8%; ♀: 7; ♂: 21) e 8 classe III (15,4%; ♀: 4; ♂: 4; Figura 2). Nenhum indivíduo da classe IV foi capturado.

Figura 2 - Número de indivíduos de *Caiman latirostris* capturados em cada classe de tamanho (I filhotes: < 25,0 cm, II juvenis: 25,0 – 67,9 cm, III adultos: 68,0 – 101,0 cm e IV machos grandes: > 102,0 cm de comprimento rostro-cloacal) em paisagem silvicultural

Os corpos d'água amostrados apresentaram diferenças marcantes em relação ao número de indivíduos capturados (Figura 3). Na Lagoa Suja foram capturados 27 indivíduos (51,9%), no Lagoão 22 (42,4%), na Três Lagoas 1 (1,9%), no Açude Vermelho 1 (1,9%) e no Açude do Cazemiro 1 (1,9%).

Figura 3 - Número de indivíduos de *Caiman latirostris* capturados em cada corpo d'água da amostrado separados por classe de tamanho (I filhotes: < 25,0 cm, II juvenis: 25,0 – 67,9 cm, III adultos: 68,0 – 101,0 cm e IV machos grandes: > 102,0 cm de comprimento rostro-cloacal) em paisagem silvicultural

A estimativa de abundância populacional para a área de estudo foi de 51 indivíduos (I.C. 95%: 36 – 70 indivíduos), desconsiderando os indivíduos da classe I (filhotes) nas análises. A densidade estimada foi 2,6 indivíduos/ha (I.C. 95%: 1,8 – 3,5 indivíduos/ha) e a biomassa 13,3 kg/ha (I.C. 95%: 9,2 – 17,9 kg/ha). A densidade linear foi de 11,3 indivíduos/km (I.C. 95%: 7,9 – 15,5 indivíduos/km). A razão entre os sexos foi de 1:1 (♀:♂) para os adultos e de 0,33:1 para os juvenis. A razão sexual diferiu significativamente de 1:1 para os juvenis ($\chi^2 = 7$; $df = 1$; $p = 0.008$).

A média do comprimento rostro-cloacal e massa corpórea foram respectivamente, $10,9 \pm 0,3$ cm (10,2 – 11,4 cm) e $0,03 \pm 0,01$ kg (0,02 – 0,04 kg) para os animais da classe I; $38,2 \pm 5,8$ cm (27,0 – 49,0 cm) e $1,57 \pm 0,65$ kg (0,49 – 2,95 kg) para a classe II; $82,2 \pm 9,1$ cm (72,0 – 98,0 cm) e $16,50 \pm 6,58$ kg (8,75 – 27,00 kg) para a classe III.

As fêmeas juvenis (classe II) apresentaram comprimento rostro-cloacal [$t_{1,27} = 4,7$; $p < 0,001$; ♀: $44,1 \pm 3,2$ cm (40,5 – 49,0 cm) ; ♂: $36,3 \pm 5,1$ cm (27,0 – 43,6 cm)] e massa corpórea [$t_{1,27} = 3,5$; $p < 0,001$; ♀: $2,17 \pm 0,50$ kg (1,50 – 2,95 kg); ♂: $1,35 \pm 0,56$ kg (0,49 – 2,35 kg)] maiores que os machos juvenis. No entanto, fêmeas e machos adultos (classes III)

apresentaram comprimento rostro-cloacal [$t_{1,7} = -2$; $p = 0,108$; ♀: $76,7 \pm 5,4$ cm (72,0 – 84,5 cm); ♂: $87,7 \pm 9,1$ cm (80,0 – 98,0 cm)] e massa corpórea semelhantes [$t_{1,7} = -2$; $p = 0,105$; ♀: $12,50 \pm 3,18$ kg (8,75 – 15,50 kg); ♂: $20,50 \pm 6,95$ kg (14,00 – 27,00 kg); Figura 4].

Figura 4 - Variação sexual do comprimento rostro-cloacal (SVL) e massa corpórea em juvenis e adultos de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural

2.4 Discussão

O jacaré-de-papo-amarelo está ocupando paisagens alteradas frente a grande alteração de seus habitats naturais. A distribuição deste crocodiliano na área de estudo possivelmente é resultado da combinação de três fatores: disponibilidade heterogênea dos recursos nos ambientes (e.g. alimento, locais de assoalhamento), histórico de ocupação humana e hierarquia social entre os indivíduos. A maioria dos animais capturados durante o período de amostragem se concentra em dois pontos da área de estudo: a Lagoa Suja e o Lagoão (Figura 1). Estes corpos d'água apresentam condições ambientais frequentemente associadas à

espécie, como águas calmas, rasas e com densa vegetação aquática (MEDEM, 1983; WALLER; MICUCCI, 1993; FUSCO-COSTA; CASTELLANI; TOMAS, 2008; APARICIO; RIOS, 2008; FILOGONIO et al., 2010). Apesar da Três Lagoas apresentar características ambientais semelhantes, a presença em parte do seu entorno de estradas favoreceu uma maior pressão antrópica (e.g. pesca, caça e destruição de ninhos: relatado por moradores locais) porventura tendo como consequência o baixo número de indivíduos capturados .

A hierarquia social também pode ser um fator determinante na distribuição dos animais. Crocodilianos em condições naturais competem por uma quantidade limitada de recursos, sendo frequentes comportamentos agressivos na defesa de territórios para atividades de acasalamento, assoalhamento, forrageamento e nidificação (LANG, 1987a; GOULD; GOULD, 1989). Tais comportamentos já foram relatados para o jacaré-de-papo-amarelo em cativeiro (VERDADE, 1992). Neste contexto, indivíduos que recém atingem sua maturidade sexual apresentam clara desvantagem na competição por recursos quando entram em contato com indivíduos adultos, sendo suas chances concentradas na busca de outra área para estabelecimento (MAGNUSSON, 1984). A taxa de mortalidade nestas condições costuma ser mais alta, o que pode resultar no padrão de relativo isolamento da espécie em situações comparáveis às do presente estudo (VERDADE; ZUCOLOTO; COUTINHO, 2002). Isto poderia justificar em parte a presença de indivíduos adultos solitários em cada um dos demais corpos d'água (Açude Vermelho, Açude do Casemiro e Três Lagoas). Estudos futuros devem priorizar a investigação da disponibilidade de recursos nos diferentes ambientes ocupados pela espécie e a hierarquia social em ambientes antrópicos.

A estrutura populacional encontrada neste estudo é semelhante à descrita para a espécie em outras localidades, na qual a maioria dos indivíduos pertence à classe II (juvenis) e existe baixa ocorrência ou ausência da classe IV (machos grandes) (MICUCCI; WALLER, 1995; PACHECO; LLOBET-QUEREJAZU, 1998; VERDADE, 2001; APARICIO; RIOS,

2008; BORTEIRO et al., 2008). O histórico de ocorrência de caça seletiva sobre os indivíduos maiores pode gerar este padrão (VELASCO; AYARZAGUEÑA, 1995; LISBOA, 2008). A pressão humana de caça afeta de forma marcante a distribuição, densidade e demografia das populações de vertebrados, além de ser capaz de influenciar aspectos do comportamento social das espécies (VERDADE, 1996). O jacaré-de-papo-amarelo é um alvo comum de pescadores, por se alimentar de peixes capturados em redes de pesca e de caçadores interessados em sua carne e couro (FILOGONIO et al., 2010). Apesar disso, informações sobre caça são difíceis de serem levantadas em função da legislação brasileira (VERDADE; SEIXAS, 2013).

A taxa de crescimento dos indivíduos de jacaré-de-papo-amarelo também pode estar influenciando nos resultados encontrados. Crocodilianos apresentam taxas de crescimento extremamente variáveis devido a fatores como sazonalidade, disponibilidade de alimento, temperatura e época de nascimento (CHABRECK; JOANEN, 1979; MAGNUSSON; TAYLOR, 1981; MESSEL; VORLICEK, 1984; ABERCROMBIE; VERDADE, 2002; PIÑA; LARRIERA, 2002). Dentre estas variáveis, a interação entre temperatura e suprimento alimentar parece atuar de forma mais marcante no crescimento destes animais (LANG, 1987b). Estudos conduzidos em cativeiro com o jacaré-de-papo-amarelo demonstraram um crescimento maior nos indivíduos mantidos a temperaturas mais altas (PIÑA; LARRIERA, 2002). Estudos futuros devem priorizar a comparação entre ambientes antrópicos quanto à taxa de crescimento da espécie e sua relação com a estrutura populacional.

Uma ampla variação nas estimativas da densidade linear é descrita para o jacaré-de-papo-amarelo nos locais onde a espécie foi estudada. Mourão e Campos (1995) encontraram baixas densidades no Rio Paraná e seus afluentes (0,07 a 0,28 ind/km) atribuindo este fato ao comportamento cauteloso da espécie em focagens noturnas. Fusco-Costa, Castellani e Tomas (2008) também encontraram valores baixos no noroeste da Ilha de Santa Catarina (0,25

ind/km). Por sua vez, estudos conduzidos em outras localidades revelaram densidades com valores intermediários (VERDADE, 2001: 6-8 ind/km no nordeste brasileiro; BORTEIRO et al., 2008: 2,1 – 4,4 ind/km em paisagens alteradas no noroeste do Uruguai). As maiores densidades descritas para a espécie estão na bacia do rio Pilcomayo na Bolívia (PACHECO; LLOBET-QUEREJAZU, 1998: 3 – 58 ind/km). As estimativas de densidade deste estudo se mostram intermediárias em comparações com populações de outras localidades ressaltando a capacidade de suporte dos corpos d'água da área de estudo.

A razão sexual é um fator importante na dinâmica populacional de espécies selvagens (HARDY, 1997). Neste estudo, a ocorrência de um maior número de machos que fêmeas na classe II (juvenis) talvez consequência de diversos fatores. Crocodilianos apresentam determinação do sexo dependente da temperatura (TSD) (LANG; ANDREWS, 1994; PIÑA; LARRIERA; CABRERA, 2003; DEEMING, 2004), sendo este, fixado no embrião durante um período curto da incubação (período sensível à temperatura: TSP) (LANG; ANDREWS, 1994; LANCE, 2008). O TSP para o jacaré-de-papo-amarelo ocorre entre o final do primeiro e o início do segundo terço do desenvolvimento embrionário (PIÑA et al., 2007b). Por hipótese, os habitats de nidificação disponíveis na área de estudo podem beneficiar a formação de machos. Larriera (1995) e Montini et al. (2006) descrevem que fêmeas do jacaré-de-papo-amarelo são capazes de nidificar em savana (locais com baixo declive que alagam em períodos de grandes chuvas), vegetação flutuante (tipo de vegetação que flutua quando o nível da água aumenta) e floresta. Na área de estudo predominam o primeiro e o último habitats que variam em função do uso da terra. Estudos futuros devem priorizar a possível relação entre pressões antrópicas e o padrão de determinação do sexo da espécie. Outros fatores como mortalidade diferencial, seleção de habitat distinto entre os sexos e incapacidade de determinar com precisão o sexo dos animais juvenis são apontados como as principais fontes de viés que afetam razão sexual em crocodilianos (THORBJARNARSON, 1997).

O jacaré-de-papo-amarelo apresenta consistente dimorfismo entre machos e fêmeas (VERDADE, 2003; PIÑA et al., 2007a). No entanto, as diferenças marcantes do comprimento rostro-cloacal e massa corpórea entre os sexos dos indivíduos da classe II (juvenis) encontradas neste estudo possivelmente ocorrem devido ao efeito de ninhada (VERDADE 1997). Por hipótese, os juvenis machos e fêmeas pertencem a ninhadas distintas. Estudos futuros utilizando marcadores moleculares desenvolvidos para a espécie (ZUCOLOTO; VERDADE; COUTINHO, 2002; ZUCOLOTO et al., 2006, 2009) serão úteis para o entendimento das relações de parentesco entre indivíduos em populações do jacaré-de-papo-amarelo em ambientes antrópicos.

2.5 Conclusões

Os resultados deste estudo evidenciam que o jacaré-de-papo-amarelo apresenta uma distribuição heterogênea entre os corpos d'água da área de estudo possivelmente como resultado da disponibilidade de recursos, histórico de ocupação humana e hierarquia social entre os indivíduos. A estrutura populacional com a maioria dos indivíduos pertencente à classe II (juvenis) e baixa ocorrência ou ausência da classe IV (machos grandes) é semelhante à descrita para a espécie em outras localidades. Este panorama de detecção de filhotes e juvenis indica que a espécie consegue se reproduzir nestes ambientes. Além disso, a estimativa intermediária de densidade evidência a capacidade de suporte dos corpos d'água em paisagem silvicultural. Nesse contexto, estudos ecológicos de longa duração devem servir de base para o processo de tomada de decisões quanto ao manejo da espécie tanto em ambientes naturais quanto antrópicos.

Estudos futuros em paisagens silviculturais devem priorizar a avaliação do impacto de agroquímicos nas populações de jacaré-de-papo-amarelo, verificando suas influências no crescimento e determinação do sexo. Além disso, estudos de parentesco entre os indivíduos

devem ser conduzidos visando verificar sua relação com a hierarquia social entre os crocodilianos e sua distribuição na paisagem. Esforços também devem ser concentrados no entendimento dos fatores que influenciam a seleção do habitat de nidificação em paisagem silvicultural e como as alterações no uso do solo podem afetá-los.

Referências

- ABERCROMBIE, C.L.; VERDADE, L.M. A análise do crescimento em crocodilianos. In: VERDADE, L.M.; LARRIERA, A. (Ed.). **La conservación y El manejo de caimanes y cocodrilos de América Latina**. Piracicaba: CN Editaría, 2002. v. 2 p. 1-20.
- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011**, 2012. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2012.
- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013, ano base 2012**, 2013. Disponível em: http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf. Acesso em: 30 out. 2013.
- ALLSTEAD, J.; LANG, J.W. Sexual dimorphism in the genital morphology of young American alligators, *Alligator mississippiensis*. **Herpetologica**, Lawrence, v. 51, p. 314-325, 1995.
- APARICIO, J.; RÍOS, J.N. Conservation status of the “Broad-snouted Caiman” (*Caiman latirostris*): a management plan for conservation in Tarija Department - Bolivia. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 19., 2008. Gland. **Proceedings...** Gland: IUCN, 2008. v. 1 p. 104-125.
- ATHAYDE, E.A. **Importância da heterogeneidade natural na conservação da diversidade de árvores em paisagem agrosilvicultural**. 2012. 185p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2012.
- BOLTON, M. La explotación del cocodrilo en cautividad. **Guía FAO Conservación**. Roma, 1994. v. 22 156p.
- BORTEIRO, C. **Abundancia, estructura poblacional y dieta de yacarés (*Caiman latirostris*: Crocodylia, Alligatoridae) en ambientes antrópicos del Departamento de Artigas, Uruguay**. 2005. 79p. Tese (Doutorado em Biología) - Universidad de la República, Montevideo, 2005.
- BORTEIRO, C.; GUTIÉRREZ, F.; TEDROS, M.; KOLENC, F. Conservation status o *Caiman latirostris* (Crocodylia: Alligatoridae) in disturbed landscapes of northwestern Uruguay. **South American Journal of Herpetology**, São Paulo, v. 3, p. 244-250, 2008.

BORTEIRO, C.; PRIGIONI, C.; GARCIA, J.E.; TEDROS, M.; GUTIÉRREZ, F.; KOLENC, F. Geographic distribution and conservation status of *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae) in Uruguay. **Phyllomedusa**, Belo Horizonte, v. 5, p. 97-108, 2006.

BORTEIRO, C.; TEDROS, F.; GUTIÉRREZ, F.; KOLENC, F.; SPERANZA, G.; DRAGONETTI, J.P. First survey of *Caiman latirostris* in northern Uruguay. In: **Crocodile Specialist Group Newsletter**, Sanderson, v. 20, p. 28-30, 2001.

BRAZAITIS, P.; YAMASHITA, C.; REBELO, G. . A summary report of the CITES central South American caiman study: Phase I: Brazil. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 9., 1990. Gland **Proceedings...** Gland:IUCN,2008. v. 1 p. 100-115.

BURNHAM, K.; ANDERSON, D. **Model selection and multi-model inference**: a practical information-theoretical approach. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 2002. p. 1-485.

CHABRECK, R. Methods of capturing, marking and sexing alligators. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE SOUTHEASTERN ASSOCIATION OF GAME AND FISH COMMISSIONERS. Columbia, 1963. **Proceedings...** Columbia, 1963. v. 17 p. 45-50.

CHABRECK, R.H.; JOANEN, T. Growth rates of American alligator in Louisiana. **Herpetologica**, Lawrence, v. 35, n. 1, p. 51-57, 1979.

DEEMING, D.C. Prevalence of TSD in Crocodilians. In: VALENZUELA, N.; LANCE, V.A. (Ed). **Temperature-dependent sex determination in vertebrates**. Washington, DC: Smithsonian Institution, 2004. p. 33-41.

FILOGONIO, R.; ASSIS, V.B.; PASSOS, L.F.; COUTINHO, M.E. Distribution of populations of broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*, Daudin 1802, Alligatoridae) in the São Francisco River basin, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, Salem, v. 70, n. 4, p. 961-968, 2010.

FREITAS-FILHO, R.F. **Dieta e Avaliação de Contaminação Mercurial no Jacaré-de-Papo-Amarelo, *Caiman latirostris*, Daudin 1802, (Crocodylia, Alligatoridae) em Dois Parques Naturais no Município do Rio de Janeiro, Brasil**. 2007. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

FUSCO-COSTA, R.; CASTELLANI, T.T.; TOMAS, W.M. Abundância e locais de ocorrência do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*, Alligatoridae) no noroeste da Ilha de Santa Catarina, SC. **Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 4, p. 183-187, 2008.

GOULD, J.L.; GOULD, C.G. . **Sexual Selection: Mate Choice and Courtship** in Nature. New York: Scientific American Library, 1989. 277p.

HARDY, I.C.W. Possible factors influencing vertebrate sex ratios: an introductory overview. **Applied Animal Behaviour Science**, New York, v. 51, p 217-241, 1997.

HUTTON, J.M.; LOVERIDGE, J.P.; BLAKE, D.K. Capture methods for the Nile crocodile in Zimbabwe. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987. p. 211-216.

LANCE, V.A. Is regulation of aromatase expression in reptiles the key to understanding temperature-dependent sex determination? **The Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology**, New York, v. 309, p. 1-9, 2008.

LANG, J.W. Crocodilian behavior: implications for management. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987a. p. 273-294.

_____. Crocodile thermal selection. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987b. p. 301-317.

LANG, J.W.; ANDREWS, H.V.. Temperature-dependent sex determination in crocodilians. **Journal of Experimental Zoology**, New York, v. 270, p. 28-44, 1994.

LARRIERA, A. Areas de nidificación y momento óptimo de cosecha de huevos de *Caiman latirostris* em Santa Fé, Argentina. In: LARRIERA, A.; VERDADE, L.M. (Ed.). **La Conservación y el Manejo de Caimanes y Cocodrilos de América Latina**. Santo Tomé: Fundación Banco Bica, 1995, v. 1, p. 221-232.

LARRIERA, A.; SIROSKI, P.; PIÑA, C.I.; IMHOF, A. Sexual maturity of farm-released *Caiman latirostris* (Crocodylia: Alligatoridae) in the wild. **Herpetological Review**, Lawrence, v.37, p. 26-28, 2006.

LISBOA, M.A.M.. **A política dos coronéis e a difusão do ensino primário em Angatuba/SP (1870-1930)**. 2008. 204 p. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

MAGNUSSON, W.E. The peculiarities of crocodilian population dynamics and their possible importance for managements strategies. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 7., 1984. Gland. **Proceedings...** Gland: IUCN, 1984. v. 2 p. 104-125.

MAGNUSSON, W.E.; TAYLOR, J.A. Growth of juvenile *Crocodylus porosus* as effected by season of hatching. **Journal Herpetology**, Athens, v. 15, n. 2, p. 242- 245, 1981.

MECHE, A.; MARTINS, M.C.; LOFRANO, B.E.S.N; HARDAWAY, C.J.; MERCHANT, M.; VERDADE, L.M. Determination of heavy metals by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry in fish from the Piracicaba River in Southern Brazil. **Microchemical Journal**, Orlando, v. 94, p. 171–174, 2009.

MEDEM, F. **Los Crocodylia de Sur America**. Bogotá: Colciencias, 1983. v. 2. p. 270.

MELO, M.T.Q. Considerações sobre um plano de manejo e conservação do jacaré-de-papo-amarelo. In: VERDADE, L.M.; PACKER, I.U; ROCHA, M.B.; MOLINA, F.M.; DUARTE, P. G; LULA, L.A.B.M. (Ed.). In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO, 3., 1993. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. p. 91-92.

MESSEL, H.; VORLICEK, G.C. A review of the growth of *Crocodylus porosus* in the Northern Australia. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 6., 1984. Gland **Proceedings...** Gland: IUCN, 1984. v. 1-219 p. 171-215.

MICUCCI, P. A.; T. WALLER. Los Yacarés en Argentina: hacia un aprovechamiento sustentable. In: LARRIERA, A.; VERDADE, L.M. (Ed.). **La Consevación y el Manejo de Caimanes y Cocodrilos de América Latina**. Santo Tomé: Fundación Banco Bica, 1995. p. 81-112.

Ministério do Meio Ambiente. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. In: MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M.; PAGLIA, A.P. (Ed.). Brasília: MMA; Fundação Biodiversitas, 2008. 1420p.

MONTINI, J.P.; PIÑA, C.I.; LARRIERA, A.; SIROSKI, P.; VERDADE, L.M. The relationship between nesting habitat and hatching success in *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae). **Phyllomedusa**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 91-96, 2006.

MOURÃO, G.M.; CAMPOS, Z. Survey of broad-snouted caiman *Caiman latirostris*, marsh deer *Blastocerus dichotomus* and capybara *Hydrochaeris hydrochaeris* in the area to be inundated by Porto Primavera Dam, Brazil. **Biological Conservation**, Kidlington, v. 73, p. 27-31, 1995.

MOURAO, G.; CAMPOS, Z.; COUTINHO, M. & ABERCROMBIE, C. Size structure of illegally harvested and surviving caiman *Caiman crocodilus yacare* in Pantanal, Brazil. **Biological Conservation**, Kidlington, v. 75, p. 261-265, 1996.

OTIS, D. L.; BURNHAM, K. P.; WHITE, G. C.; ANDERSON, D.R. Statistical inference from capture data on closed animal populations. **Wildlife Monographs**, Washington, D.C., v. 62, p. 1-13, 1978.

PACHECO, L.F.; LLOBET-QUEREJAZU, A. Estado de las poblaciones de *Caiman latirostris* en Tarija, Bolivia. **Revista Boliviana de Ecología**, Cochabamba, v. 4, p. 91-98, 1998.

PIÑA, C.I.; LARRIERA, A. 2002. *Caiman latirostris* growth: the effect of a management technique on the supplied temperature. **Aquaculture**, New York, v. 211, p. 387-392, 2002.

PIÑA, C.I.; LARRIERA, A.; CABRERA, M. The effect of incubation temperature on hatching success, incubation period, survivorship and sex ratio in *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae). **Journal of Herpetology**, Athens, v. 37, p. 199-202, 2003.

PIÑA, C.I.; LARRIERA, A.; SIROSKI, P.; VERDADE, L.M. Cranial sexual discrimination in hatchling broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Iheringia**, Porto Alegre, v. 97, p. 17-20, 2007a.

PIÑA, C.I.; SIROSKI, P.; LARRIERA, A.; LANCE, V.A.; VERDADE, L.M. The temperature-sensitive period (TSP) during incubation of broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) eggs. **Amphibia-Reptilia**, Wiesbaden, v. 28, p. 123-128, 2007b.

PIÑA, C.I.; LANCE, V.A.; FERRONATO, B.O.; GUARDIA, I.; MARQUES, T.S.; VERDADE, L.M. Heavy metal contamination in *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812) (Testudines: Chelidae) in a River Basin, São Paulo, Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 83, p. 771–775, 2009.

SARKIS-GONÇALVES, F.; CASTRO, A.M.V.; VERDADE, L.M. The influence of weather conditions on caiman night-counts. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 17., 2004. Gland. **Proceedings...** Gland: IUCN, 2004. p. 387-393.

SBS (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA). 2013. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/>. Acesso em: 24 jan.2013.

SCOTT, N.J.; AQUINO, A.; FITZGERALD, L.A. Distribution, habitats and conservation of the caiman (alligatoridae) of Paraguay. **Vida Silvestre Neotropical**, Washington, D.C., v. 2, p. 43-51, 1990.

SIMONCINI, M.S.; PIÑA, C.I.; CRUZ, F.B.; LARRIERA, A. 2011. Climatic effects on the reproductive biology of *Caiman latirostris* (Crocodylia: Alligatoridae). **Amphibia-Reptilia**, Wiesbaden, v. 32, p. 305-314, 2011.

STANLEY, T.R.; BURNHAM, K.P. A closure test for time-specific capture–recapture data. **Environmental and Ecological Statistics**, London, v. 6, p. 197–209, 1999.

THORBJARNARSON, J.B. **Crocodiles: an action plan for their conservation**. IUCN, Gland, 1992.

_____. Are Crocodilian Sex Ratios Female Biased? The Data Are Equivocal. **Copeia**, New York, v. 2, p. 451-455, 1997.

VELASCO, A.; AYARZAGUEÑA, J. Situación actual de las poblaciones de baba (*Caiman crocodilus*) sometidas a aprovechamiento comercial en los Llanos Venezolanos. **Publicaciones de la Asociación Amigos Doñana**, Sevilla, v. 5, p. 1-73, 1995.

VERDADE, L.M. Agonistic social behavior of broad-nosed Caiman (*Caiman latirostris*) in captivity: implications to reproductive management. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 11., 1992. Gland **Proceedings...** Gland: IUCN, 1992. v. 2 p. 200-217.

_____. The influence of hunting pressure on the social behavior of vertebrates. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 56, n.1, p. 1-13, 1996.

_____. **Morphometric analysis of the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*): an assessment of individuals' clutch, body size, sex, age, and area of origin**. 1997. 344 p. Tese (Doutorado em Wildlife Ecology and Conservation) - University of Florida, Gainesville, 1997.

_____. *Caiman latirostris*. In: ROSS, J.P. (Ed.). **Crocodiles Status Survey and Conservation Action Plan** IUCN, Gland, 1998. p. 18-20.

_____. Regression equations between body and head measurements in the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, p. 469-482, 2000.

_____. The São Francisco River ‘codfish’: the northernmost populations of the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Crocodile Specialist Group newsletter**, Gainesville, v. 20, n. 4, p. 80-82, 2001.

_____. Cranial sexual dimorphism in captive adult broad-snouted-caiman (*Caiman latirostris*). **Amphibia-Reptilia**, Wiesbaden, v. 24, p. 92-99, 2003.

VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A. Preliminary notes on the status and conservation of *Caiman latirostris* in the State of São Paulo, Brazil; directions of the captive breeding, reintroduction and management program. WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 10., 1990. Gland **Proceedings...** Gland: IUCN, 1990. v. 2 p. 231-237.

VERDADE, L.M. ; PIÑA, C.I. *Caiman latirostris*. **Catalog of the American Society of Amphibians and Reptiles**, Bethesda, v. 833, p. 1-21, 2006.

_____. O jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris* Daudin, 1802). In: NASCIMENTO, L.B.; OLIVEIRA, M.E. (Org.). **Herpetologia no Brasil**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Herpetologia, 2007. v. 2 p. 295-307.

VERDADE, L.M.; SEIXAS, C.S. Confidencialidade e sigilo profissional em estudos sobre caça. **Biota Neotropica**, São Paulo, Jan/Mar, v. 13, n. 1, 2013.
<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?point-of-view+bn00113012013>

VERDADE, L.M.; LARRIERA, A.; PIÑA, C.I. Broad-snouted caiman *Caiman latirostris*. In: MANOLIS, C.; STEVENSON, C. (Ed.). **Crocodiles: Status Survey and Conservation Action Plan** IUCN. 3rd ed. Darwin, 2010. p. 18-22.

VERDADE, L.M.; PIÑA, C.I.; ARAÚJO, J.L.O. Diurnal use of space by captive adult broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*): Implications for pen design. **Aquaculture**, New York, v. 251, p. 333-339, 2006.

VERDADE, L.M.; ZUCOLOTO, R.B.; COUTINHO, L.L. Microgeographic variation in *Caiman latirostris*. **Journal of Experimental Zoology**, New York, v. 294, p. 387-396, 2002.

VIANNA, L.G.G.; SATO, A.M.; FERNANDES, M.C.; NETTO, A.L.C. Fronteira de expansão dos plantios de eucalipto no geoeossistema do médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ). In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O Eucalipto E O Ciclo Hidrológico. 2007. Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHI, 2007. 350p.

WALLER, T.; MICUCCI, P.A. Relevamiento de la distribución, habitat y abundancia de los crocodilos de la Provincia de Corrientes, Argentina. Zoocria de los Crocodylia. In: REUNION REGIONAL DEL CSG, GRUPO DE ESPECIALISTAS EM CROCODILOS DE LA IUCN, 1., 1993. Santa Marta. **Memórias...** Santa Marta, 1993. p. 270-277.

- WALSH, B. Crocodile capture methods used in the Northern Territory of Australia. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.) **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987. p. 249–252.
- WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.) **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987. 552p.
- WHITE, G.C.; BURNHAM, K.P. **Program MARK**: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, v. 46, p. 120-138, 1999.
- WOOD, J.M.; WOODWARD, A.R.; HUMPHREY, S.R.; HINES, T.C. Night counts as an index of American alligator population trends. **Wildlife Society Bulletin**, Washington, D.C, v. 13, p. 262-273, 1985.
- WOODWARD, A.R.; MARION, W.R. An evaluation of factors affecting night-light counts of alligators. In: ANNUAL CONFERENCE / SOUTHEASTERN ASSOCIATION OF FISH AND WILDLIFE AGENCIES, 1978, Flórida. **Proceedings...** Flórida: Editora, 1978. v. 32, p. 291-30.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall International Editions, 1996. 620p.
- ZUCOLOTO, R.B.; VERDADE, L.M.; COUTINHO, L.L. DNA microsatellite library for the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Journal of Experimental Zoology**, New York, v. 294, p. 346-351, 2002.
- ZUCOLOTO, R.B.; VILLELA, P.M.S.; VERDADE, L.M.; COUTINHO, L.L. Interspecific transference of microsatellite markers in South American Caimans (*Caiman spp* and *Paleosuchus palpebrosus*). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 29, p. 75-78, 2006.
- ZUCOLOTO, R.B.; VERDADE, L.M.; VILLELA, P.M.S.; REGITANO, L.C.A.; COUTINHO, L.L. Parentage test in broad-snouted caimans (*Caiman latirostris*, Alligatoridae) using microsatellite DNA. **Genetics and molecular biology**, Ribeirão Preto, v. 32, p. 874-881, 2009.

3 ÁREA DE VIDA E PADRÃO DE MOVIMENTAÇÃO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*Caiman latirostris*) EM PAISAGEM SILVICULTURAL

Resumo

Informações relativas à área de vida e padrão de movimentação de crocodilianos neotropicais são escassas para a maioria das espécies, mesmo sendo necessárias para elaboração de planos de manejo e conservação. O jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) é um crocodiliano sul-americano com uma situação complexa quanto à conservação, pois suas populações encontram-se fragmentadas em grande parte de sua área de distribuição geográfica. Este estudo teve por objetivo determinar a área de vida e padrão de movimentação do jacaré-de-papo-amarelo em paisagem silvicultural da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, estado de São Paulo, Brasil. Por isso, foram monitorados oito animais adultos (4♂:4♀) por meio de radiotelemetria. O período de monitoramento foi de fevereiro de 2010 a outubro de 2011. A média da área de vida da espécie foi estimada segundo o mínimo polígono convexo e kernel 95% para a área de estudo em $96,6 \pm 183,9$ ha e $43,2 \pm 78,6$ ha, respectivamente. Não houve diferença entre os sexos, com a possível exceção de um macho (548 ha). O deslocamento diário médio foi $37,6 \pm 18,6$ m/dia para os indivíduos monitorados durante o período de estudo. Os animais apresentam deslocamento diário marginalmente maior durante o período reprodutivo. A matriz da paisagem mostrou certa permeabilidade ao deslocamento dos animais.

Palavras-chave: Radiotelemetria; Ambientes alterados; Crocodilianos; Deslocamento diário

Abstract

Information about home range and movement patterns of neotropical crocodilians are scarce for most species, even though essential for developing management plans and conservation. The Broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) is a South American crocodilian with a complex situation regarding the conservation, because their populations are fragmented largely on their geographical distribution. This study aimed to determine the home range and movement patterns of Broad-snouted caiman in a silvicultural landscape in the basin of the Alto Paranapanema, state of São Paulo, Brazil. Therefore, eight adults animals (4♂: ♀ 4) were monitored by radio telemetry. The monitoring period was from February 2010 to October 2011. The average home range was estimated according to the minimum convex polygon and kernel 95% in 96.6 ± 183.9 ha and 43.2 ± 78.6 ha, respectively. There was no difference between the sexes, with the possible exception of one male (548 ha). The average daily movement was 37.6 ± 18.6 m/day for individuals monitored during the study period. The animals daily movement marginally higher during the reproductive period. The matrix showed some landscape permeability displacement of animals.

Keywords: Radiotelemetry; Altered environments; Crocodilians; Daily movement

3.1 Introdução

A expansão das atividades econômicas tem se mostrado como um dos principais fatores responsáveis pela alteração e destruição dos habitats naturais (ROCHA et al., 2006). A substituição da vegetação nativa para implantação de culturas agrícolas e áreas para criação de gado é um processo que vem ocorrendo nos últimos milhares de anos e que causou grandes impactos sobre a biodiversidade em diversas regiões do mundo (DIAMOND, 1997; NORIS, 2008). Mesmo assim, um grande crescimento de áreas para agricultura está previsto para as próximas décadas a fim de atender à crescente demanda mundial por alimentos (TILMAN et al., 2002; BALMFORD; GREEN; SCHARLEMANN, 2005). Este processo de alteração histórica da paisagem reforça a necessidade de pesquisas focando processos biológicos em paisagens agrícolas e a incorporação destes ambientes no contexto da conservação biológica (PERRINGS et al., 2006; ROSALINO; GHELER-COSTA, 2011).

O estado de São Paulo localiza-se na zona central da distribuição geográfica do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) (VERDADE; PIÑA, 2006) e seu histórico de exploração dos recursos naturais reflete a tendência esta global. Várzeas e lagoas marginais de rios, originalmente ocupados pela espécie têm sofrido uma grande redução de área pela expansão da agricultura e urbanização (DIEGUES, 1990). Portanto, a espécie possui uma situação complexa quanto à conservação, porque suas populações encontram-se fragmentadas em grande parte de sua área de distribuição geográfica (VERDADE; LARRIERA; PIÑA, 2010).

A presença de extensas áreas planas e solos produtivos no estado favoreceram principalmente o predomínio das monoculturas de cana-de-açúcar, eucalipto e pastagens exóticas (OLIVETTE et al., 2011). No entanto, nos últimos anos a silvicultura tem aumentado sua importância econômica e ambiental devido à ampliação de sua área cultivada,

substituindo áreas de pastagens da região centro-sul e leste do estado (VIANNA et al., 2007; ABRAF, 2013; SBS, 2013).

A expansão das áreas de silvicultura traz novos elementos na composição da paisagem, formando mosaicos de remanescentes de vegetação nativa inseridos em uma matriz predominantemente formada por eucaliptais. Por sua vez, a estrutura de uma paisagem interfere diretamente na dinâmica das populações de animais silvestres ao alterar a disponibilidade dos recursos necessários à sua sobrevivência (SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991; THRELFALL; LAW; BANKS, 2012). Desta forma, o conhecimento da área de vida e do padrão de movimentação do jacaré-de-papo-amarelo em paisagem silvicultural é essencial para a compreensão das estratégias que a espécie utiliza para sobreviver nesses ambientes em expansão.

O conhecimento da área de vida e padrões de movimentação de animais selvagens proporciona informações relevantes a respeito da organização social, padrões de acasalamento e reprodução, estratégias de forrageamento, territorialidade e uso do habitat (POWELL, 2000; KERNOHAN; GITZEN; MILLSPAUGH, 2001; JACOB; RUDRAN, 2003). Estas informações são essenciais na formulação de estratégias de manejo e conservação das espécies ao fornecerem dados a respeito de requerimentos espaciais das populações.

Atualmente poucos estudos foram conduzidos com crocodilianos neotropicais visando determinar suas áreas de vida e padrões de movimentação (e.g. MAGNUSSON; LIMA, 1991; CAMPOS; COUTINHO; MAGNUSSON, 2003; CAMPOS et al., 2006). Talvez isto ocorra devido à dificuldade de aplicação da radiotelemetria convencional neste grupo, pois crocodilianos geralmente são animais crípticos, que podem habitar locais remotos, e também por sofrerem influência da presença humana (READ et al., 2007; FRANKLIN et al., 2009).

O jacaré-de-papo-amarelo apresenta um considerável grau de isolamento genético entre subpopulações no estado de São Paulo mesmo em escala microgeográfica, sendo que a

inexistência de barreiras geográficas entre elas pode indicar um baixo número de indivíduos dispersantes por geração possivelmente devido a pressões antrópicas (e.g. caça) (VERDADE; ZUCOLOTO; COUTINHO, 2002). Apesar disso, a espécie está começando a ocupar habitats alterados frente a grande alteração de seus habitats naturais (SCOTT; AQUINO; FITZGERALD, 1990; VERDADE; LAVORENTI, 1990; BORTEIRO et al., 2001, 2008).

O uso destes ambientes alterados pode por hipótese assegurar o fluxo gênico entre as populações meridionais e setentrionais da espécie (VILLELA et al., 2008). Portanto, é necessário conhecer o padrão individual da área de vida e movimentação para compreendermos o padrão populacional de distribuição espacial. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi determinar a área de vida e o padrão de movimentação do jacaré-de-papo-amarelo em paisagem silvicultural da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, estado de São Paulo, Brasil.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado em duas fazendas de silvicultura, fazenda Três Lagoas (23°22'0''-23°20'41''S/48°28'0''-48°27'57''W) e fazenda Arca (23°20'0''-23°18'51''S/48°27'30''-48°28'20''W), situadas no município de Angatuba, centro-sul do Estado de São Paulo, Brasil. O clima da região é sub-tropical (Cwa), de acordo com o sistema de Köppen, possuindo inverno seco com temperaturas inferiores a 18°C e verão quente com temperaturas superiores a 22°C. A média da precipitação mensal acumulada durante o período de estudo foi 116 mm, variando de 1,6 mm em agosto de 2010 a 369,9 mm em janeiro de 2011 (dados fornecidos pela Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, Escola Superior de Aricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo).

As duas fazendas apresentam uma área total de 4331 ha, sendo 2946 ha de plantio de eucalipto, 880 ha de Reserva Legal e 336 ha de Área de Preservação Permanente. Os fragmentos de vegetação nativa são compostos por cerrado *sensu stricto*, cerradão, floresta estacional semidecidual e matas ciliares em estágios variados de regeneração (ATHAYDE, 2012). As capturas dos jacarés ocorreram em cinco corpos d'água destas fazendas: Lagoão, Lagoa Suja, Três Lagoas, Açude Vermelho e Açude do Casemiro.

3.2.2 Metodologia amostral

As capturas dos jacarés-de-papo-amarelo foram realizadas com auxílio de laço de cabo de aço ou cambões (*Ketch-all*) a bordo durante o período noturno. A aproximação com barco foi feita conforme descrito por Hutton, Loveridge e Blake (1987) ou pela margem do corpo d'água imitando-se o som dos filhotes. Além disso, armadilhas do tipo covo (três aros de ferro com um metro de diâmetro e malha de 6 cm) foram instaladas no interior dos corpos d'água visando aumentar o sucesso de captura. Os animais capturados foram contidos fisicamente, tendo a boca fechada com o auxílio de fita adesiva e os olhos vendados com pano.

Os indivíduos foram marcados por meio de cortes nas cristas simples e duplas com uma combinação numérica previamente estabelecida (BOLTON, 1994) e microchips (Destron, TX1414B). Medidas biométricas (comprimento do corpo e massa corpórea) foram tomadas de acordo com Verdade (2000, 2003) e o sexo dos indivíduos foi determinado por meio do exame visual da morfologia da genitália utilizando um espelho de tamanho apropriado (CHABRECK, 1963; ALLSTEAD; LANG, 1995).

Os jacarés-de-papo-amarelo capturados foram levemente sedados por estímulo vagovagal para a fixação dos transmissores. A técnica anestésica empregada foi o bloqueio de campo superficial com lidocaína (Xylocaína, Lignocaína, Dalcaína) (alfa-dietilaminoacetato-2,6-xilidida), na concentração de 0,02 g/ml. Este tipo de anestesia apresenta como vantagens a

ausência de distorção das características anatômicas na linha de sutura, ausência de isquemia dos tecidos no interior da área bloqueada, relaxamento muscular e ausência de interferência com a cicatrização. Além disto, a lidocaína possui um período de surgimento de efeitos muito mais curto, ação mais intensa e duração mais longa que a procaína (HALL; CLARKE, 1987). A aplicação local foi realizada em via intramuscular profunda e superficial.

Transmissores Telemetry Solutions (Q4000 Enhanced EXT memory_LS26500 SIRFIII; 85 mm; 50 mm; 54 mm; 257 g) foram fixados na base da cauda de oito animais adultos (4 machos e 4 fêmeas), com a passagem de fio de aço flexível de forma subcutânea, além de fixação com resina acrílica (polimetacrilato) de secagem rápida. Optou-se por esta localização e não na nuca dos animais, em função da dimensão do equipamento e do porte relativamente pequeno dos animais adultos encontrados na área de estudo. Enrofloxacin (5 mg/kg de peso vivo) foi aplicada por via intramuscular visando evitar possíveis infecções.

Os crocodilianos são vertebrados ectotérmicos que dependem da temperatura externa para obter calor corporal (POUGH et al., 2003). Devido à influência da temperatura externa na movimentação dos animais foram considerados dois períodos amostrais: quente (setembro – abril) e frio (maio – agosto). Os transmissores foram programados para registrarem as localizações dos jacarés três vezes por dia na primavera/verão em horas alternadas (e. g. 1º dia: 0:00, 8:00, 16:00; 2º dia: 01:00, 09:00, 17:00 e assim por diante) e um ponto por dia no outono/inverno com diferença de vinte e seis horas entre eles (e. g. 1º dia: 0:00; 2º dia: 02:00; 3º dia: 04:00). O período total de monitoramento foi de fevereiro de 2010 a outubro de 2011. Porém, cada animal apresentou um período específico devido à data de sua captura e período de funcionamento dos equipamentos no campo.

3.2.3 Metodologia analítica

A área de vida foi estimada por meio do método clássico denominado mínimo polígono convexo (MPC; polígono convexo com a união dos pontos mais externos da distribuição das localizações; MOHR, 1947; FULLER et al., 2006) e do método de kernel 95% (K95; grids com contornos de probabilidades baseadas em kernels; WORTON, 1987; 1989). O tamanho e o número de centros de atividade (CA) (HAYNE, 1949) foram determinados por meio do método de kernel 50%. As análises espaciais dos dados foram realizadas por meio do *software* ArcView 3.2 e ArcGIS 9 utilizando as extensões *Animal Movement* (HOOGE; EICHENLAUB, 2000) e *Hawth's Analysis Tools*.

Análises de normalidade e homogeneidade de variância foram realizadas previamente visando orientar a escolha de testes paramétricos ou não paramétricos. O teste t (ZAR, 1996) foi utilizado para verificar possíveis diferenças sexuais quanto ao comprimento rostro-cloacal e massa corpórea dos indivíduos. As análises da área de vida foram realizadas de duas formas: considerando as estimativas de todos os indivíduos e retirando um *outlier* (indivíduo 148.180). Possíveis diferenças sexuais da área de vida (MPC e K95) foram verificadas pelo teste de Mann-Whitney (ZAR, 1996) considerando todos os indivíduos e o pelo teste t retirando o *outlier*. A regressão linear foi aplicada para verificar a relação entre o tamanho da área de vida (MPC e K95) e o comprimento rostro cloacal, massa corpórea e condição corpórea (massa corpórea/SVL) dos animais, além de ser utilizada para checar a existência de relação entre tamanho da área de vida e número de localizações registradas. Observações com um coeficiente de alavancagem (*leverage coefficient*) maior do que $4/n$ e resíduos altamente padronizados foram excluídos e os dados reanalisados (SOKAL; ROHLF, 1995).

O padrão de movimentação foi determinado por meio do deslocamento diário (m/dia) de cada indivíduo, considerando as distâncias entre pontos subsequentes de localização. No cálculo destes deslocamentos foram considerados a possibilidade de coleta de um ponto por

dia, por isso, durante o período quente considerou-se as localizações programadas para serem coletadas a cada 25 horas. O teste t foi utilizado para comparar o deslocamento diário médio entre machos e fêmeas, além de ser utilizado para detectar possíveis diferenças do deslocamento diário entre o período reprodutivo/quente (outubro – fevereiro; VERDADE, 1995; VAC et al., 1992) e não reprodutivo/frio (março – setembro). Todos os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do *software* Minitab 16.

3.3 Resultados

O comprimento rostro-cloacal e massa corpórea dos animais monitorados foram $82,2 \pm 9,1$ cm (72,0 – 98,0 cm) e $16,50 \pm 6,58$ kg (8,75 – 27,00 kg), respectivamente. Não houve diferença sexual do comprimento rostro-cloacal [$t_7 = -2$; $p = 0,108$; ♀: $76,7 \pm 5,4$ cm (72,0 – 84,5 cm); ♂: $87,7 \pm 9,1$ cm (80,0 – 98,0 cm)] e massa corpórea [$t_7 = -2$; $p = 0,105$; ♀: $12,50 \pm 3,18$ kg (8,75 – 15,50 kg); ♂: $20,50 \pm 6,95$ kg (14,00 – 27,00 kg)].

A média geral da área de vida da espécie foi estimada segundo o MPC e K95 para a área de estudo em $96,6 \pm 183,9$ ha (7,2 – 548,5 ha) e $43,2 \pm 78,6$ ha (2,8 – 236,2 ha), respectivamente (Tabela 1; Figura 1). A área de vida das fêmeas foi semelhante a dos machos tanto segundo o MPC [$w_7 = 20$; $p = 0,665$; ♀: $32,4 \pm 17,5$ ha (7,2 – 43,5 ha); ♂: $160,8 \pm 260,0$ ha (10,8 – 548,5 ha)] quanto o K95 [$w_7 = 19$; $p = 0,885$; ♀: $17,9 \pm 13,7$ ha (2,8 – 35,8 ha); ♂: $68,5 \pm 112,0$ ha (6,2 – 236,2 ha)].

A média geral da área de vida retirando o *outlier* (indivíduo 148.180) para o MPC e K95 foi $32,0 \pm 23,8$ ha (7,1 – 72,2 ha) e $15,6 \pm 11,0$ ha (2,8 – 35,7 ha), respectivamente. A área de vida das fêmeas também foi semelhante a dos machos retirando o *outlier* tanto segundo o MPC [$t_6 = 0,04$; $p = 0,973$; ♀: $32,4 \pm 17,6$ ha (7,1 – 46,4 ha); ♂: $31,6 \pm 35,2$ ha (10,8 – 72,2 ha)] quanto o K95 [$t_6 = 0,64$; $p = 0,554$; ♀: $17,8 \pm 13,6$ ha (2,8 – 35,7 ha); ♂: $12,5 \pm 7,8$ ha (6,1 – 21,3 ha)].

Tabela 1 - Frequência VHF (Hz), sexo (F: fêmea, M: macho), comprimento rostro-cloacal (SVL, cm), massa corpórea (kg), número de pontos, área de vida calculada pelo método do mínimo polígono convexo (MPC), Kernel 95%, número de centros de atividade (CA) e área dos centros de atividade (ha) e período de monitoramento de cada indivíduo de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural

Freq. VHF (Hz)	Sexo	SVL (cm)	Massa (kg)	Nº de pontos	MCP (ha)	Kernel 95% (ha)	Nº de CA	Área CA (ha)	Período
148.240	F	72	8,75	187	46,5	35,8	2	9,1	02/2010 – 08/2010 e 01/2011 – 07/2011
148.200	F	76	14,75	79	7,2	2,8	1	0,4	03/2010 – 06/2010
148.320	F	74,5	11,00	195	41,9	14,0	2	2,8	03/2010 – 12/2010
148.300	F	84,5	15,50	214	34,2	18,9	1	2,8	04/2010 -01/2011
148.280	M	98	27,00	134	11,8	6,2	2	0,5	04/2010 – 10/2010
148.260	M	80	15,00	124	72,2	21,4	1	4,0	11/2010- 02/2011
148.220	M	80	14,00	148	10,8	10,2	2	0,8	12/2010-06/2011
148.180	M	93	26,00	295	548,5	236,2	3	82,5	12/2010 – 09/2011

A área de vida dos crocodilianos englobou de 1 a 3 centros de atividade dependendo do indivíduo (Tabela 1). A média geral das áreas dos centros de atividade foi $12,9 \pm 28,2$ ha (0,4 – 82,5 ha), sendo $22 \pm 40,3$ ha (0,5 – 82,5 ha) para os machos e $3,8 \pm 3,7$ ha (0,4 – 9,1 ha) para as fêmeas. No entanto, a média geral desconsiderando o *outlier* foi $2,9 \pm 3,0$ ha (0,4 – 9,1 ha), sendo $1,7 \pm 1,9$ ha (0,5 – 4,0 ha) para os machos e se mantendo igual à média acima para as fêmeas.

Figura 1 - Área de vida calculada pelo método do mínimo polígono convexo (MPC) e pelo Kernel 95% (K95) para as fêmeas de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural (Datum: SAD 69 – UTM). Os números indicam os locais de captura dos indivíduos: 1- Açude Vermelho, 2- Lagoão, 3- Lagoa Suja, 4- Açude do Casemiro e 5- Três Lagoas

Figura 2 - Área de vida calculada pelo método do mínimo polígono convexo (MPC) e pelo Kernel 95% (K95) para os machos de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural (Datum: SAD 69 – UTM). Os números indicam os locais de captura dos indivíduos: 1- Açude Vermelho, 2- Lagoão, 3- Lagoa Suja, 4- Açude do Casemiro e 5- Três Lagoas

Não houve relação entre o tamanho da área de vida (MPC e K95) e o comprimento rostro cloacal, massa corpórea e condição corpórea dos animais (Tabela 2). Além disso, não houve relação entre número de localizações e tamanho de área de vida quando retirado o *outlier* (MPC: $F_6 = 0,6$; $p = 0,474$; $r^2 = 0,1$; K95: $F_6 = 2,4$ $p = 0,176$; $r^2 = 0,33$), mas esta relação ocorre quando consideradas todas as estimativas de área de vida na análise (MPC: $F_7 = 8,8$; $p = 0,025$; $r^2 = 0,6$; K95: $F_7 = 10,2$ $p = 0,018$; $r^2 = 0,63$).

Tabela 2- Relações de regressões entre o tamanho da área de vida (MPC: mínimo polígono convexo e K95: Kernel 95%) e o comprimento rostro cloacal (SVL), massa corpórea e condição corpórea de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural

	Área de vida considerando todos os indivíduos		Área de vida desconsiderando o outlier (148.180)	
	MPC	K95	MPC	K95
SVL	$F_7=1,4$; $p = 0,280$; $r^2 = 0,05$	$F_7=1,2$; $p = 0,299$; $r^2 = 0,04$	$F_6=0,6$; $p = 0,450$; $r^2 = 0,11$	$F_6=1,2$; $p = 0,316$; $r^2 = 0,19$
Massa corpórea	$F_7=2,4$; $p = 0,169$; $r^2 = 0,17$	$F_7=2,1$; $p = 0,190$; $r^2 = 0,14$	$F_6=1,0$; $p = 0,351$; $r^2 = 0,17$	$F_6=1,0$; $p = 0,351$; $r^2 = 0,17$
Condição corpórea	$F_7=2,7$; $p = 0,148$; $r^2 = 0,31$	$F_7=2,3$; $p = 0,173$; $r^2 = 0,28$	$F_6=1,2$; $p = 0,319$; $r^2 = 0,19$	$F_6=4,0$; $p = 0,101$; $r^2 = 0,44$

O deslocamento diário médio foi $37,6 \pm 18,6$ m/dia para os indivíduos monitorados durante o período de estudo. Os valores de deslocamento diário médio dos machos foram ligeiramente maiores que os valores das fêmeas ($t_7 = -4,5$; $p = 0,020$; $\text{♀} = 22,2 \pm 4,8$ m/dia; $\text{♂} = 53,0 \pm 12,7$ m/dia). Os animais apresentam deslocamento diário marginalmente maior durante o período reprodutivo [$t_7 = 2,4$; $p = 0,043$; período reprodutivo/quente (out. – fev.): $61,8 \pm 33,9$ m/dia; período não reprodutivo/frio (mar. – set.): $27,3 \pm 17,3$ m/dia; Figura 2]. Alguns pontos foram registrados no meio da matriz de eucalipto evidenciando que os crocodilianos chegaram a se deslocar 850 m dentro do eucaliptal para alcançar outro corpo d'água.

Figura 3 - Deslocamento diário (m/dia) ao longo do período de monitoramento para *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural (M: machos e F: fêmeas)

3.4 Discussão

Informações sobre a área de vida e padrões de movimentação são escassas para a maioria das espécies de crocodilianos neotropicais principalmente em ambientes antrópicos. Este é o primeiro estudo a abordar estes aspectos para o jacaré-de-papo-amarelo, um crocodiliano amplamente distribuído pela América do Sul.

O jacaré-de-papo-amarelo apresentou ampla variação nas estimativas de área de vida entre os indivíduos monitorados (MPC: 7,2 – 548,5 ha; K95: 2,8 – 236,2 ha). Este padrão é semelhante aos encontrados para outras espécies de crocodilianos. *Crocodylus johnstoni* apresentou área de vida variando de 2 a 137 ha (TUCKER et al., 1997), *Alligator mississippiensis* de 2,6 a 16,5 ha no refúgio Rockefeller (JOANEN; MCNEASE, 1970), de 0,6 a 256 ha no norte da Louisiana (TAYLOR, 1984) e 6,1 a 165 ha no sudoeste da Louisiana (ROOTES; CHABRECK, 1993) e *Crocodylus porosus* de 110 a 7250 ha no golfo de Cambridge na Austrália (CAMPBELL et al., 2013) e de 127 a 6427 ha no rio Wenlock na Austrália (KAY, 2004).

O tamanho da área de vida e o padrão de movimentação de animais selvagens podem ser influenciados por diversos fatores, como disponibilidade de recursos alimentares, período de acasalamento, hierarquia social, presença de predadores, atividades humanas e densidade populacional (MILLSPAUGH; MARZLUFF, 2001; KENWARD, 2001). Portanto, a maior parte da movimentação de um animal na paisagem relaciona-se à distribuição espaço-temporal dos seus recursos e às interações com outros indivíduos (POUGHT et al., 1998). Extensas áreas de vida podem ser resultado da necessidade de percorrer longas distâncias para a obtenção dos recursos necessários para a sobrevivência (MILAN; MELVIN, 2001).

A área de vida do jacaré-de-papo-amarelo foi semelhante entre os sexos, no entanto, ao considerarmos somente os machos, o indivíduo 148.180 apresentou área de vida muito maior que os demais crocodilianos monitorados. Campbell et al. (2013) relatam duas táticas

comportamentais adotadas por machos de *C. porosus* visando aumentar seu sucesso reprodutivo. Na tática fidelidade de sítio, os machos dominantes patrulham seus territórios que englobam áreas de vida de diversas fêmeas, enquanto na tática nômade, os machos subordinados precisam percorrer grandes áreas na procura por fêmeas desprotegidas. No entanto, esta relação não parece clara entre os machos de jacaré-de-papo-amarelo deste estudo.

Os dois machos que apresentam as maiores áreas de vida englobando diversos corpos d'água (indivíduos 148.180 e 148.260; ver Figura 1), não são os menores indivíduos e consequentemente subordinados. Portanto, talvez outros fatores possam estar influenciando no tamanho da área de vida dos indivíduos. *Caiman yacare* pode fazer deslocamentos em terra devido a perturbações antrópicas (e.g. caça) (CAMPOS; COUTINHO; MAGNUSSON, 2003) ou deslocar-se na busca por alimento (CAMPOS, 2003). Além disso, um padrão individual de uso do espaço pode ocorrer conforme já descrito em cativeiro (VERDADE; PIÑA; ARAÚJO, 2006).

Os indivíduos de jacaré-de-papo-amarelo monitorados apresentaram um deslocamento diário maior durante o período reprodutivo/quente (outubro – fevereiro) em comparação com o período não reprodutivo/frio (março – setembro). Os crocodilianos são considerados animais ectotermos, sofrendo alterações consideráveis em sua fisiologia e comportamento, em função da temperatura ambiente (LANG, 1987a; POUGH et al., 2003). O aumento da movimentação durante as estações mais quentes do ano é um comportamento comum neste grupo (CHABRECK, 1965; COTT, 1961; GOODWIN; MARION, 1979; SMITH, 1979; KAY, 2004) e pode estar ligado a busca de recursos alimentares (CAMPOS, 2003). Variações nas temperaturas ao longo das estações do ano podem atuar na mudança de apetite e do consumo de alimentos em crocodilianos (COULSON; HERNANDEZ, 1983; LARRIERA et al., 1990), sendo que o jacaré-de-papo-amarelo apresenta aumento no consumo de alimentos,

taxa de conversão alimentar e taxas de crescimento quando exposto a maiores temperaturas (LARRIERA et al., 1990; PARACHÚ; PIÑA; LARRIERA, 2009).

O período reprodutivo do jacaré-de-papo-amarelo se estende de outubro a fevereiro, sendo que aproximadamente de outubro a dezembro ocorre o acasalamento e de janeiro a fevereiro a nidificação (VAC et al., 1992; VERDADE, 1995). Os machos por hipótese podem aumentar seu deslocamento visando encontrar um maior número parceiros para a reprodução e assim maximizar seu fitness reprodutivo. Este processo de busca parceiros pode propiciar a ocorrência de interações agonísticas entre os indivíduos (VERDADE, 1992) e a multipaternidade (AMAVET et al., 2008).

As fêmeas também podem aumentar seu deslocamento na procura áreas apropriadas para nidificação (ZUG, 1993; CAMPBELL et al., 2013), pois a sobrevivência dos filhotes está relacionada à qualidade do hábitat de nidificação (ABERCOMBIE, 1989). Segundo Larriera (1999), as fêmeas do jacaré-papo-amarelo podem nidificar em savana (loais com baixo declive que alagam em períodos de grandes chuvas), vegetação flutuante (tipo de vegetação que flutua quando o nível da água aumenta) e floresta. Depois de nidificação, a fêmea geralmente permanece próxima da área do ninho durante o período de incubação (LANG, 1987b). Não foram encontrados ninhos das fêmeas monitoradas durante o período do estudo, todavia, a permanência da fêmea 148.240 em uma vegetação de capoeira sugere a presença de um ninho não detectado pelos pesquisadores.

O uso de diferentes corpos d'água ou áreas úmidas por reptéis aquáticos pode se mostrar necessário em locais onde estes ambientes são espacialmente dispersos (JOYAL; MCCOLLOUGH; HUNTER, 2001; ROE; KINGSBURY; HERBERT, 2003; ROE; GEORGES, 2007). Neste contexto, as características da paisagem (e.g. qualidade, conectividade) podem influenciar diretamente na movimentação das espécies (ROE; GEORGES, 2007). Neste estudo, a presença de centros de atividade em diferentes corpos

d'água dentro da área de vida da maioria dos crocodilianos monitorados mostra a importância da permeabilidade da matriz para a movimentação do jacaré-de-papo-amarelo. A silvicultura de eucalipto apresentou permeabilidade ao deslocamento da espécie, pois algumas localizações foram registradas dentro do eucaliptal. A permeabilidade de culturas agrícolas ao movimento apresenta grande importância para a conservação de espécies selvagens. Marsupiais conseguem utilizar linhas de plantio para orientar seus movimentos e seguem sua orientação ao longo seus caminhos para navegar na matriz de plantações de mandioca (PREVEDELLO; VIEIRA, 2010).

3.5 Conclusões

Os resultados deste estudo apresentam grande importância por se tratar das primeiras informações sobre a área de vida e padrão de movimentação do jacaré-de-papo-amarelo. O tamanho da área de vida se mostrou amplamente variável entre os indivíduos monitorados podendo ser influenciada pela distribuição espaço-temporal dos recursos e às interações sociais. Os crocodilianos apresentaram deslocamento diário maior durante o período reprodutivo/quente (outubro – fevereiro) em comparação com o período não reprodutivo/frio (março – setembro) como possível consequência do aumento da temperatura sazonal e atividades reprodutivas. A matriz de silvicultura de eucalipto se mostrou permeável ao deslocamento dos indivíduos, pois deslocamentos foram registrados atravessando o eucaliptal. Os crocodilianos utilizam intensamente as margens dos corpos d'água e os ambientes do entorno para nidificação, por isso, a revegetação das áreas de proteção permanente (APP) é importante para a conservação desta espécie.

Estudos sobre a área de vida, padrão de movimentação e uso do espaço de indivíduos em diferentes classes etárias do jacaré-de-papo-amarelo devem ser priorizados no futuro visando entender como eles utilizam os habitat disponíveis em paisagens silviculturais. Neste

sentido, existe a necessidade de um desenvolvimento tecnológico na construção de transmissores para crocodilianos visando alcançar equipamentos de menor tamanho e resistentes ao ambiente aquático. Sistemas de telemetria automatizados usando tecnologia de rastreamento por satélite provavelmente seriam mais eficientes na coleta da grande quantidade de dados necessários para analisar os movimentos dos animais.

Futuros estudos devem priorizar verificar a relação das linhas de plantio dos eucaliptos e deslocamento de crocodilianos visando propor práticas de manejo que possam favorecer a movimentação destas espécies. Outra sugestão é avaliar o efeito da mudança da estrutura da paisagem durante o ciclo do eucalipto (plantio, desenvolvimento e corte) na área de vida e movimentação da espécie.

Referências

- ABERCROMBIE, C.L.; VERDADE, L.M. A análise do crescimento em crocodilianos. In: VERDADE, L.M.; LARRIERA, A. (Ed.). **La conservación y El manejo de caimanes y cocodrilos de América Latina**. Piracicaba: CN Editaría, 2002. v. 2 p. 1-20.
- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011**, 2013. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2013.
- ALLSTEAD, J.; LANG, J.W. Sexual dimorphism in the genital morphology of young American alligators, *Alligator mississippiensis*. **Herpetologica**, Lawrence, v. 51, p. 314-325, 1995.
- AMAVET, P.; ROSSO, E.; MARKARIANI, R.; PIÑA, C.I. Microsatellite DNA markers applied to detection of multiple paternity in *Caiman latirostris* in Santa Fe, Argentina. **Journal of Experimental Zoology**, Hoboken, v. 309, p. 637–642, 2008.
- ATHAYDE, E. A. **Importância da heterogeneidade natural na conservação da diversidade de árvores em paisagem agrosilvicultural**. 2012. 185p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2012.
- BALMFORD, A.; GREEN, R.E.; SCHARLEMANN, J.P.W. Sparing land for nature: exploring the potential impact of changes in agricultural yield on the area needed for crop production. **Global Change Biology**, Oxford, v. 11, p. 1594–1605, 2005.
- BOLTON, M. La explotación del cocodrilo en cautividad. **Guía FAO Conservación**. Roma, v. 22 p. 156, 1994.

BORTEIRO, C.; GUTIÉRREZ, F.; TEDROS, M.; KOLENC, F. Conservation status of *Caiman latirostris* (Crocodylia: Alligatoridae) in disturbed landscapes of northwestern Uruguay. **South American Journal of Herpetology**, São Paulo, v. 3, p. 244-250, 2008.

BORTEIRO, C.; TEDROS, F.; GUTIÉRREZ, F.; KOLENC, F.; SPERANZA, G.; DRAGONETTI, J.P. First survey of *Caiman latirostris* in northern Uruguay. **Crocodile Specialist Group Newsletter**, Sanderson, v. 20, p. 28-30, 2001.

CAMPBELL, H.A.; DWYER, R.G.; IRWIN, T.R.; FRANKLIN, C.E. Home range utilization and long-range movement of estuarine crocodiles during the breeding and nesting season. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 5, p. e62127, 2013.

CAMPOS, Z.M.S. *Caiman crocodilus yacare* (Pantanal Caiman). Food related movement. **Herpetological Review**, Lawrence, v. 34, p. 140, 2003.

CAMPOS, Z.; COUTINHO, M.; MAGNUSSON, W.E. Terrestrial activity of *Caiman* in the Pantanal, Brazil. **Copeia**, Washington, v. 2003, p. 628-634, 2003.

CAMPOS, Z.; COUTINHO, M.; MOURÃO, G.; BAYLISS, P.; MAGNUSSON, W.E. Long distance movements by *Caiman crocodilus yacare*: Implications for management of the species in the Brazilian Pantanal. **Herpetological Journal**, London, v. 16, p. 123-132, 2006.

CHABRECK, R H. Methods of capturing, marking and sexing alligators. In: **Proceedings of the ANNUAL CONFERENCE OF THE SOUTHEASTERN ASSOCIATION OF GAME AND FISH COMMISSIONERS**. 1963. Columbia. **Proceedings...** Columbia, 1963, v. 17, p. 45-50.

_____. The movement of alligators in Louisiana. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE SOUTHEASTERN ASSOCIATION OF GAME AND FISH COMMISSIONERS**. 1965. Columbia. **Proceedings...** Columbia, v. 19, p. 102-110, 1965.

COTT, H. B. Scientific results of an inquiry into the ecology and economic status of the Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*) in Uganda and northern Rhodesia. **Transactions of the Zoological Society of London**, London, v.29, p. 211–356, 1961.

COULSON, R.A.; HERNANDEZ, T. Alligator metabolism: studies on chemical reactions in vivo. **Comparative Biochemistry and Physiology B**, London, v. 74, p. 1-182, 1983.

DIAMOND, J. **Armas, germes e aço: os destinos das sociedades humanas**. Rio de Janeiro: Record, 1997. 476p.

DIEGUES, A.C.S. **An inventory of Brazilian Wetlands**. Gland: IUCN – The World Conservation Union, 1990. 224p.

FRANKLIN, C.E.; READ, M.A.; KRAFT, P.G.; LIEBSCH, N.; IRWIN, S.R.; CAMPBELL, H.A. Remote monitoring of crocodilians: implantation, attachment and release methods for transmitters and data-loggers. **Marine and Freshwater Research**, East Melbourne, v. 60, p. 284–292, 2009.

- FULLER, M.R.; MILLSPAUGH, J.J.; CHURCH, K.E.; KENWARD, R.E. Wildlife Radiotelemetry. In: BRAUN, C.E.(Ed.). **Techniques for Wildlife Investigations and Management**. Maryland: The Wildlife Society, 2006. p. 377- 417.
- GOODWIN, T.M.; MARION, W.R. Seasonal activity ranges and habitat preferences of adult alligators in a north-central Florida lake. **Journal Herpetology**, Athens, v. 13, p. 157-164, 1979.
- HALL, L.W.; CLARKE, K.W. **Anestesia veterinária**. São Paulo: Editora Manole, 1987. 440p.
- HAYNE, D.W. Calculation of size of home range. **Journal of Mammalogy**, Baltimore, v. 30, p.1-18, 1949.
- HOOGE, P.N.; EICHENLAUB, B. **Animal movement extension to Arcview. ver. 2.0**. Anchorage: Alaska Science Center - Biological Science Office, U.S. Geological Survey, 2000. 105 p.
- HUTTON, J.M.; LOVERIDGE, J.P.; BLAKE, D.K. Capture methods for the Nile crocodile in Zimbabwe. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987. p. 211-216.
- JACOB, A. A.; RUDRAN, R. Radiotelemetria em estudos populacionais. In: CULLEN JÚNIOR, L.; RUDAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Coord.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 285-342.
- JOANEN, T.; McNEASE, L. A telemetric study of nesting female alligators on Rockefeller Refuge, Louisiana. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE SOUTHEASTERN ASSOCIATION OF GAME AND FISH COMMISSIONERS, 24., 1965. Atlanta. **Proceedings...** Atlanta, 1970. p. 175-193.
- JOYAL, L.A.; MCCOLLOUGH, M.; HUNTER, M.L. Landscape ecology approaches to wetland species conservation: a case study of two turtle species in southern Maine. **Conservation Biology**, Boston, v. 15, p. 1755-1762, 2001.
- KAY, W.R. Movements and home ranges of radio-tracked *Crocodylus porosus* in the Cambridge Gulf region of Western Australia. **Wildlife Research**, East Melbourne, v. 31, p. 495-508, 2004.
- KENWARD, R.E. **A manual for wildlife radio-tagging**. London: Academic Press, 2001. 311p.
- KERNOHAN, B.J.; GITZEN, R.A.; MILLSPAUGH, J.J. Analysis of Animal Space Use and Movements. In: MILLSPAUGH, J.J.; MARZLUFF, J.M. (Ed.). **Radio Tracking and Animal Populations**. London: Academic Press, 2001. 474p.
- LANG, J.W. Crocodilian thermal selection. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987a. p. 301-317.

LANG, J.W. Crocodilian behavior: implications for management. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987b. p. 273-294.

LARRIERA, A. Areas de nidificación y momento óptimo de cosecha de huevos de *Caiman latirostris* em Santa Fé, Argentina. In: LARRIERA, A.; VERDADE, L.M. (Ed.). **La Consevación y el Manejo de Caimanes y Cocodrilos de América Latina**. Santo Tomé: Fundación Banco Bica, 1995. v. 1 p. 221-232.

LARRIERA, A.; AGUINAGA, M.; DEL BARCO, D. Observaciones sobre el crecimiento de *Caiman latirostris* (Daudin, 1802), a diferentes temperaturas (Crocodylia: Alligatoridae). **Amphibia Reptilia**, Wiesbaden, v. 1, p. 115-117, 1990.

MAGNUSSON, W.E.; LIMA, A.P. The ecology of a cryptic predator, *Paleosuchus trigonatus*, in a tropical rainforest. **Journal of Herpetology**, Athens, v. 25, p. 41-48, 1991.

MILAN, J.C.; MELVIN, S.M. Density, habitat use, movements, and conservation of spotted turtles (*Clemmys guttata*) in Massachusetts. **Journal of Herpetology**, Athens, v. 35, p. 418-427, 2001.

MILLSPAUGH, J.J.; MARZLUFF, J.M. **Radio tracking and animal population**. London: Academic Press, 2001. 474p.

MOHR, C.O. Table of equivalent populations of North American small mammals. **American Midland Naturalist**, Notre Dame, v. 37, p. 223-249, 1947.

NORIS, K. Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks. **Conservation Letters**, Malden, v. 1, p. 2-11, 2008.

OLIVETTE, M.P.A.; CASTANHO-FILHO, E.P.; SACHS, R.C.C.; NACHIUK, K.; MARTINS, R.; CAMARGO, F.P.; ANGELO, J.A.; OLIVEIRA, L.H.D.C.L. Evolução e prospecção da agricultura paulista: liberação da área de pastagem para o cultivo da cana-de-açúcar, eucalipto, seringueira e reflexos na pecuária, 1996-2030. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, p. 37-67, 2011.

PARACHÚ, M.V.; PIÑA, C.I.; LARRIERA, A. Food conversion rate (FCR) in *Caiman latirostris* resulted more efficient at higher temperatures. **Interciencia**, Caracas, v. 34, p. 428-431, 2009.

PERRINGS, C.; JACKSON, L.; BAWA, K.; BRUSSAARD, L.; BRUSH, S.; GAVIN, T.; PAPA, R.; PASCUAL, U.; RUITER, P. Biodiversity in agricultural landscapes: saving natural capital without losing interest. **Conservation Biology**, Boston, v. 20, p. 263-264, 2006.

POUGH, F.H.; ANDREWS, R.M.; CADLE, J.E.; CRUMP, M.L.; SAVITSKY, A.H.; Well, K.D. **Herpetology**. Nova York: Benjamin Cummings, 2003. 736p.

POWELL, R.A. Animal home ranges and territories and home range estimators. In: BOITANI, L.; FULLER, T.K. (Ed.). **Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences**. New York: Columbia University Press, 2000. 464p.

- PREVEDELLO, J.A.; VIEIRA, M.V. Plantation rows as dispersal routes: A test with didelphid marsupials in the Atlantic Forest, Brazil. **Biological Conservation**, Barking, v. 143, p. 131-135, 2010.
- READ, M.; GRIGG, G.C.; IRWIN, S.R; SHANAHAN, D; FRANKLIN, C.E. Satellite tracking reveals long distance coastal travel and homing by translocated estuarine crocodiles, *Crocodylus porosus*. **Plos One**, San Francisco, v. 2, n. 9, p. 949, 2007.
- ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; SLUYS, M.V.; ALVES, M.A.S. **Biologia da conservação**: Essências. São Carlos: Rima Editora, 2006. 582p.
- ROE, J.H.; GEORGES, A. Heterogeneous wetland complexes, buffer zones, and travel corridors: Landscape management for freshwater reptiles. **Biological Conservation**, Barking, v. 5, p. 67-76, 2007.
- ROE, J.H.; KINGSBURY, B.A.; HERBERT, N.R. Wetland and upland use patterns in semi-aquatic snakes: implications for wetland conservation. **Wetlands**, Sydney, v. 23, p. 1003-1014, 2003.
- ROOTES, W.L.; CHABRECK, R.H. Reproductive status and movement of adult female alligators. **Journal of Herpetology**, Athens, v. 27, p. 121-126, 1993.
- ROSALINO, L.M.; GHELER-COSTA, C. **Middle-Sized Carnivores in Agricultural Landscapes**. London: Nova Science Publishers, 2011. 192p.
- SAUNDERS, D.A; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystems fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Boston, v. 5, p. 18-32, 1991.
- SBS (Sociedade Brasileira de silvicultura). 2013. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/>. Acesso em: 24 jan.2013.
- SCOTT, N.J.; AQUINO, A.; FITZGERALD, L.A. Distribution, habitats and conservation of the caiman (alligatoridae) of Paraguay. **Vida Silvestre Neotropical**, Washington, D.C., v. 2, p. 43-51, 1990.
- SMITH, E.N. Behavioral and physiological thermoregulation of crocodilians. **American Zoologist**, Utica, v. 19, p. 239-247, 1979.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**. New York: W.H. Freeman, 1995. 887p.
- TAYLOR, D. Management Implications of an Adult Female Alligator Telemetry Study. In: ANNUAL CONFERENCE SOUTHEAST ASSOCIATION FISH & WILDLIFE AGENCIES, 1984. New Orleans. **Proceedings...** New Orleans: SAFW, 1984. p. 222-227.
- TILMAN, D.; CASSMAN K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, London, v. 418, p. 671-677, 2002.
- THRELFALL, C.G.; LAW, B.; BANKS, P.B. Influence of landscape structure and human modifications on insect biomass and bat foraging activity in an urban landscape. **Plos One**, San Francisco, v. 7, p. e38800, 2012.

TUCKER, A.D.; LIMPUS, C.J.; McCALLUM, H. I.; McDONALD, K.R. Movements and home ranges of *Crocodylus johnstoni* in the Lynd River, Queensland. **Wildlife Research**, East Melbourne, v. 24, p. 379–396, 1997.

VAC, M.H.; VERDADE, L.M.; MEIRELLES, C.F.; LARSEN, R.E.; MICHELOTTI, F.; RANGEL, M.C.; SALEM, C.Z.; LAVORENTI, A. Ultrasound evaluation of the follicle development in adult female broad-nosed caiman (*Caiman latirostris*). In: Crocodiles. Proceedings of the 11th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group, IUCN - **The World Conservation Union**, Gland, Switzerland, v. 2, p. 176-183, 1992.

VERDADE, L.M. Agonistic social behavior of broad-nosed Caiman (*Caiman latirostris*) in captivity: implications to reproductive management. In: MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP. IUCN, 11., 1992. Gland. **Proceedings...** Gland, 1992. v. 2, p. 200– 217.

_____. Biologia reprodutiva do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em São Paulo, Brasil. In: LARRIERA, A.; VERDADE, L.M. (Ed.). **Conservación y Manejo de los Crocodylia de America Latina**. Santo Tomé: Fundación Banco Bica, 1995. v. 1, p. 57-79.

_____. Regression equations between body and head measurements in the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, p. 469-482, 2000.

_____. Cranial sexual dimorphism in captive adult broad-snouted-caiman (*Caiman latirostris*). **Amphibia-Reptilia**, Wiesbaden, v. 24, p. 92-99, 2003.

VERDADE, L.M.; LAVORENTI, A. Preliminary notes on the status and conservation of *Caiman latirostris* in the State of São Paulo, Brazil; directions of the captive breeding, reintroduction and management program. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP, 10., 1990. Gland **Proceedings...** Gland: IUCN, 1990. v. 2 p. 231-237.

VERDADE, L.M.; PIÑA, C.I. *Caiman latirostris*. **Catalog of the American Society of Amphibians and Reptiles**, Bethesda, v. 833, p. 1-21, 2006.

VERDADE, L.M.; ZUCOLOTO, R.B.; COUTINHO, L.L. Microgeographic variation in *Caiman latirostris*. **Journal of Experimental Zoology**, New York, v. 294, p. 387-396, 2002.

VERDADE, L.M.; LARRIERA, A.; PIÑA, C.I. Broad-snouted caiman *Caiman latirostris*. In: MANOLIS, C.; STEVENSON, C. Ed. **Crocodiles: Status Survey and Conservation Action Plan** IUCN. 3rd ed. Darwin, 2010. p. 18-22.

VERDADE, L.M.; PIÑA, C.I.; ARAÚJO, J.L.O. Diurnal use of space by captive adult broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*): Implications for pen design. **Aquaculture**, New York, v. 251, p. 333-339, 2006.

VIANNA, L.G.G.; SATO, A.M.; FERNANDES, M.C.; NETTO, A.L.C. Fronteira de expansão dos plantios de eucalipto no geocossistema do médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ). In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O Eucalipto E O Ciclo Hidrológico. 2007. Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHI, 2007. 350 p.

VILLELA, P.M.S.; COUTINHO, L.L.; PIÑA, C.I.; VERDADE, L.M. Macrogeographic genetic variation in broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Journal of Experimental Zoology**, New York, v. 309A, p.1-9, 2008.

WORTON, B.J. A review of models of home range for animal movement. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 38, p. 277-298, 1987.

WORTON, B.J. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. **Ecology**, Tempe, v. 70, p. 164-168, 1989.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall International Editions, 1996. 620 p.

ZUG, G.R. **Introductory Biology of Amphibians and Reptiles**. San Diego: Academic Press, 1993. 527 p.

4 FATOR DE DISCRIMINAÇÃO ISOTÓPICO ($\Delta^{13}\text{C}$ E $\Delta^{15}\text{N}$) ENTRE TECIDOS E DIETA DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*Caiman latirostris*)

Resumo

A ocorrência natural de variação nas razões dos isótopos estáveis é uma ferramenta útil em estudos de dieta. No entanto, a interpretação correta de dados isotópicos depende de estimativas apropriadas de fatores de discriminação. Este estudo teve como objetivo determinar os fatores de discriminação dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio entre a dieta e tecidos ($\Delta^{13}\text{C}$ and $\Delta^{15}\text{N}$) do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) e verificar possíveis diferenças entre classes etárias. As razões isotópicas de carbono e nitrogênio ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) foram determinadas em amostras de dois tipos de tecidos (unha e pele) coletados de 18 animais de cativeiro e em 15 amostras de sua dieta. O $\Delta^{13}\text{C}$ foi $1,2 \pm 0,1$ ‰ para a unha e $0,9 \pm 0,2$ ‰ para a pele; o $\Delta^{15}\text{N}$ foi $1,1 \pm 0,1$ ‰ para a unha e $0,8 \pm 0,2$ ‰ para a pele. Estes valores são menores que os comumente assumidos em estudos ecológicos ($\Delta^{15}\text{N}$: 3-5 ‰). Não foi encontrada diferença dos fatores de discriminação entre as classes etárias, exceto para o $\Delta^{13}\text{C}$ da unha. Os resultados deste estudo enfatizam a necessidade da determinação de fatores de discriminação específicos para cada táxon, ao contrário de assumir valores médios a partir da literatura.

Palavras-chave: Isótopos; Crocodilianos; Carbono; Nitrogênio; Fracionamento

Abstract

Natural variation in stable isotope ratios is a useful tool in diet studies. However, the correct interpretation of isotopic data is reliant on proper estimates of discrimination factors. This study aimed to determine the discrimination factors of carbon and nitrogen stable isotopes between diet and tissues ($\Delta^{13}\text{C}$ and $\Delta^{15}\text{N}$) of the Broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) and to verify potential differences between age classes. The isotopic ratios of carbon and nitrogen ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) were determined in samples of two tissue types (claw and scute) collected from 18 captive animals and in 15 samples of their diet. The $\Delta^{13}\text{C}$ was 1.2 ± 0.1 ‰ for claw and 0.9 ± 0.2 ‰ for scutes; the $\Delta^{15}\text{N}$ was 1.1 ± 0.1 ‰ for claw and 0.8 ± 0.2 ‰ for scutes. These values were much lower than the values commonly assumed in ecological studies ($\Delta^{15}\text{N}$: 3-5 ‰). There are no difference of discrimination factors between age classes, except for the $\Delta^{13}\text{C}$ of the claw. The results of this study emphasize the need to determine discrimination factors specific to taxa instead of assuming average values derived from the literature.

Keywords: Crocodilians; Isotopes; Carbon; Nitrogen; Fractionation

4.1 Introdução

A aplicação de análises de isótopos estáveis em estudos de ecologia animal vem crescendo nas últimas décadas devido ao desenvolvimento tecnológico desta área e à ampla gama de informações que se pode obter por meio desta metodologia (GANNES; O'BRIEN; DEL RIO, 1997; GANNES; DEL RIO; KOCH, 1998; MARTINEZ DEL RIO et al., 2009; RAMOS; GONZALEZ-SOLÍS, 2012). Elas têm sido utilizadas para traçar a rota de migração de animais selvagens (HOBSON, 1999; HOBSON; WASSENAAR, 2008), reconstruir fontes alimentares e determinar o nível trófico dos organismos (KELLY, 2000; KUPFER et al., 2006; CASEY; POST, 2011).

A base da utilização destas análises reside no fato dos tecidos animais refletirem a composição isotópica de seus alimentos (DeNIRO; EPSTEIN, 1978; 1981; CRAWFORD; McDONALD; BEARHOP, 2008). Portanto, existe a possibilidade de identificar as diversas fontes alimentares que contribuíram para a formação de determinado tecido (FRY, 2006), por exemplo, a contribuição de plantas de ciclo fotossintético C_3 e C_4 na dieta (e.g. MAGNUSSON et al., 1999; CERLING et al., 2006). Estes ciclos fotossintéticos detêm como característica marcante a grande diferença dos valores de $\delta^{13}C$ (C_3 : -35 a -22 ‰; C_4 : -16 a -9 ‰; FARQUHAR; EHLERINGER; HUBICK, 1989). Além disso, existe a possibilidade de determinar o nível trófico dos consumidores devido ao aumento progressivo do $\delta^{15}N$ da base ao topo da cadeia (MINIWAGA; WADA, 1984).

O sucesso da utilização desta metodologia depende da estimativa de fatores de discriminação ($\Delta^{13}C$ e $\Delta^{15}N$) entre tecidos e dieta (CAUT; ÂNGULO; COURCHAMP, 2009). Fator de discriminação pode ser definido como a alteração da razão isotópica decorrente da discriminação de um isótopo em detrimento de outro, que ocorre em processos naturais, como evaporação, queima ou qualquer via metabólica (FARQUHAR et al., 1989). Muitos pesquisadores utilizam a média de valores estabelecidos por revisões de literatura

(McCUTCHAN et al., 2003; VANDERKLIFT; PONSARD, 2003) devido à impossibilidade de conduzir experimentos com a espécie de interesse em condições controladas (MARTINEZ DEL RIO et al., 2009). No entanto, diversos erros podem ser cometidos utilizando estes valores (CAUT; ÂNGULO; COURCHAMP, 2008). Estimativas errôneas do fator de discriminação do táxon de interesse podem resultar em erros na determinação da contribuição de fontes alimentares da dieta ou no estabelecimento de seu nível trófico (CAUT et al., 2009). Modelos de mistura que utilizam valores isotópicos necessitam de estimativas precisas do fator de discriminação para fornecerem dados confiáveis (PHILLIPS; GREGG, 2001).

A identidade taxonômica parece desempenhar o papel mais importante sobre os fatores de discriminação dos organismos (CAUT et al., 2009). Portanto, na ausência de informações sobre fatores de discriminação específicos para o organismo de interesse, os pesquisadores devem usar valores estimados a partir de espécies relacionadas taxonomicamente. Porém, esta abordagem depende da documentação de fatores de discriminação do maior número de grupos taxonômicos possíveis.

Apesar de alguns estudos recentes terem investigado o fator de discriminação de répteis (SEMINOFF; BJORNDAL; BOLTEN, 2007; FISK et al., 2009; MURRAY; WOLF, 2012), este grupo tem sido relativamente negligenciado na literatura. No caso de crocodilianos, existem poucas informações disponíveis (ROSENBLATT; HEITAUS, 2013; CAUT, 2013), o que torna este estudo experimental com o jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) especialmente importante.

O jacaré-de-papo-amarelo é considerado um crocodiliano de médio porte com extensa distribuição latitudinal (5 a 34°S) exclusiva à América do Sul, incluindo Argentina, Bolívia, Paraguai, Uruguai e Brasil (VERDADE; PIÑA, 2006). Esta espécie pode ser encontrada em uma ampla variedade de habitats como pântanos, várzeas, mangues, rios, riachos e açudes (MEDEM, 1983; BORTEIRO et al., 2006), inclusive em habitats estuarinos (GRIGG et al.,

1998) que no futuro análises de isótopos estáveis podem ser importantes na determinação da contribuição de fontes alimentares marinhas e terrestres (água doce) na dieta de suas populações (ver ROSENBLATT; HEITHAUS, 2011; WHEATHEY et al., 2012). No Brasil, este animal é criado comercialmente em sistema intensivo (*farming*) (VERDADE, 2004; VERDADE; PIÑA; ARAÚJO, 2006). Estas características (ampla distribuição geográfica, diversidade na exploração de habitats e criação em cativeiro) o tornam um modelo interessante para o estudo do fator de discriminação em crocodilianos neotropicais.

O objetivo deste estudo foi determinar o fator de discriminação dos isótopos estáveis do carbono e nitrogênio entre a dieta e os tecidos do jacaré-de-papo-amarelo e verificar possíveis diferenças entre as classes etárias. O estabelecimento do fator de discriminação pode propiciar a base teórica para a interpretação de futuros estudos da dieta da espécie usando análises isotópicas.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Metodologia amostral

Dezoito fêmeas de jacarés-de-papo-amarelo provenientes de um criatório comercial foram mantidas sob a mesma dieta controlada (pescoço de frango moído; adaptado de SARKIS-GONÇALVES; CASTRO; VERDADE, 2002) desde o nascimento. Os pescoços de frango foram oriundos da mesma empresa, onde os frangos foram alimentados com ração comercial (composição: milho e soja) ao longo de suas vidas.

Os crocodilianos foram mantidos em estufa fechada (comprimento: 7 m, largura: 5 m sendo 1,5 m de área seca, profundidade do tanque: 1 m; adaptado de VERDADE; PIÑA; ARAÚJO, 2006) e alimentados diariamente. Os animais foram capturados manualmente ou com o auxílio de laços de cabo de aço e contidos fisicamente sem o uso de imobilização química (VERDADE, 2000; 2001). O comprimento total de cada indivíduo foi medido com o

auxílio de fita métrica (1 mm de precisão). No período de coleta das amostras, os indivíduos pertenciam a duas classes etárias distintas: 1-2 anos ($n = 9$) e 3-4 anos ($n = 9$). A média do comprimento total da classe 1-2 anos foi $91,0 \pm 12,0$ cm (71,0 – 104,0 cm) e a média do comprimento total da classe 3-4 anos foi $107,0 \pm 6,0$ cm (97,0 – 115,0 cm). Indivíduos da classe etária 3-4 anos são significativamente maiores que os da classe 1-2 anos (teste t: $t_{17} = -3,5$; $p = 0,005$).

Os tecidos unha e pele foram escolhidos para o experimento devido à facilidade de coleta sem necessitar o sacrifício dos espécimes. Amostras de unha (0,5 cm terminal da unha) foram coletadas do mesmo dedo em todos os animais, enquanto amostras de pele (2 cm^2) foram coletadas da cauda de cada indivíduo utilizando tesoura cirúrgica. As amostras foram armazenadas em potes individuais sem a utilização de produtos químicos e congeladas até o seu processamento. Amostras da dieta foram coletadas três meses antes do experimento ($n = 7$) e durante o experimento ($n = 8$).

Todas as amostras foram secas em estufa a 50°C até atingir massa constante. Unhas e peles foram fragmentadas no menor tamanho possível e a dieta foi finamente macerada. O material resultante foi pesado (0,8-1,2 mg) e colocado em pequenas cápsulas de estanho.

As composições isotópicas de carbono e nitrogênio foram determinadas pela combustão “on-line” da amostra por CF-IRMS em um analisador elementar Carlo Erba (CHN-1110) acoplado ao espectrômetro de massas Delta Plus, no Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (LEI-CENA), da Universidade de São Paulo (USP). O cálculo da composição isotópica do carbono e nitrogênio foi feito por meio da equação:

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ou } \delta^{15}\text{N} = \left(\frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) * 1000$$

onde R é a razão molar $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ na amostra e no padrão, sendo os resultados representados em delta (δ) por mil (‰). Os padrões usados para o carbono e nitrogênio foram o Pee Dee Belemnite (PDB) e o ar atmosférico (AIR), respectivamente. O erro analítico das medidas isotópicas foi estimado em 0,3 ‰ para o $\delta^{13}\text{C}$ e 0,5 ‰ para o $\delta^{15}\text{N}$ por meio de medidas repetidas do padrão interno (*sugarcane*).

4.2.2 Metodologia analítica

A normalidade dos dados foi testada usando o teste de Anderson Darling e a homocedasticidade usando o teste de Levene. O teste t (ZAR, 1999) foi usado para verificar possíveis diferenças das composições isotópicas da dieta entre os dois períodos coleta.

O fator de discriminação foi determinado pela equação: $\Delta(p/s) = \delta(p) - \delta(s)$; onde: $\Delta(p/s)$ = fator de discriminação por mil; $\delta(p)$ = razão isotópica por mil da amostra do animal; $\delta(s)$ = razão isotópica por mil da dieta. O teste t foi aplicado visando verificar se existem diferenças no $\Delta^{13}\text{C}$ e $\Delta^{15}\text{N}$ entre os tecidos (unha e pele) e para verificar diferenças do $\Delta^{13}\text{C}$ e $\Delta^{15}\text{N}$ entre as classes etárias (1-2 e 3-4 anos) para cada tecido. Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando o programa Minitab 16. As medidas foram expressas como média $\pm$ desvio padrão.

4.3 Resultados

A média do $\delta^{13}\text{C}$ foi $-17,8 \pm 0,1$ ‰ ($-18,1 - -17,4$ ‰) para a unha e $-18,1 \pm 0,2$ ‰ ($-18,4 - -17,6$ ‰) para a pele. A média do $\delta^{15}\text{N}$ foi $4,7 \pm 0,1$ ‰ ($4,5 - 5,2$ ‰) para a unha e $4,4 \pm 0,2$ ‰ ($4,1 - 5,0$ ‰) para a pele. Os valores médios do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da dieta foram $-19,0 \pm 0,6$ ‰ ($-20,1 - -18,0$ ‰) e $3,6 \pm 0,1$ ‰ ($3,3 - 4,0$ ‰), respectivamente. Não existe diferença das composições isotópicas da dieta entre os dois períodos de coleta ($\delta^{13}\text{C}$: $t_{14} = 1,4$; $p = 0,170$; $\delta^{15}\text{N}$: $t_{14} = -1,7$; $p = 0,110$). As médias de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para cada classe etária são apresentadas na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1 - Valores médios, desvios padrão, valores mínimos e máximos do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos tecidos (unha e pele) de *Caiman latirostris* em cada classe etária (1-2 e 3-4 anos)

	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Unha (1-2)	$-17,9 \pm 0,1$ ($-18,1 - -17,7$)	$4,8 \pm 0,1$ ($4,6 - 5,2$)
Unha (3-4)	$-17,6 \pm 0,1$ ($-17,9 - -17,5$)	$4,7 \pm 0,1$ ($4,6 - 5,1$)
Pele (1-2)	$-18,1 \pm 0,1$ ($-18,4 - -17,9$)	$4,4 \pm 0,1$ ($4,3 - 4,7$)
Pele (3-4)	$-18,0 \pm 0,2$ ($-18,4 - -17,6$)	$4,4 \pm 0,2$ ($4,2 - 5,1$)

Figura 1 - Relações dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos tecidos (unha e pele) de *Caiman latirostris* em cada classe etária (1-2 e 3-4 anos)

Os fatores de discriminação do carbono ($\Delta^{13}\text{C}$) foram $1,2 \pm 0,1$ ‰ ($0,9 - 1,5$ ‰) para a unha e $0,9 \pm 0,2$ ‰ ($0,6 - 1,4$ ‰) para a pele. Os valores correspondentes ao nitrogênio ($\Delta^{15}\text{N}$) foram $1,1 \pm 0,1$ ‰ ($0,9 - 1,5$ ‰) para a unha e $0,9 \pm 0,2$ ‰ ($0,5 - 1,4$ ‰) para a pele. Houve diferença nos valores de $\Delta^{13}\text{C}$ e $\Delta^{15}\text{N}$ entre os tecidos ($\Delta^{13}\text{C}$: $t_{35} = -5,0$; $p < 0,001$; $\Delta^{15}\text{N}$: $t_{35} = -5,1$; $p < 0,001$). No entanto, não foi encontrada diferença entre as classes etárias ($\Delta^{13}\text{C}$ pele: $t_{35} = -0,8$; $p = 0,409$; $\Delta^{15}\text{N}$ unha: $t_{35} = 1,1$; $p = 0,291$; $\Delta^{15}\text{N}$ pele: $t_{35} = 0,2$; $p = 0,794$), exceto para o $\Delta^{13}\text{C}$ da unha ($\Delta^{13}\text{C}$ unha: $t_{35} = -2,8$; $p = 0,011$; Figura 2).

Figura 2 - Valores de $\Delta^{15}\text{N}$ (gráfico A) e $\Delta^{13}\text{C}$ (gráfico B) dos tecidos (unha e pele) de *Caiman latirostris* em cada classe etária (1-2 e 3-4 anos)

4.4 Discussão

Informações sobre os fatores de discriminação de diferentes tecidos de animais em condições experimentais são escassos na literatura, principalmente em relação aos répteis (WARNE, GILMAN; WOLF, 2010). Os fatores de discriminação encontrados neste estudo, variando de 0,9 a 1,2 ‰ para o carbono e 0,9 a 1,1 ‰ para o nitrogênio, diferem parcialmente dos valores comumente assumidos em estudos ecológicos.

Os fatores de discriminação dos isótopos de nitrogênio para *C. latirostris* são mais baixos que os descritos em revisões para outros grupos taxonômicos (3 - 5‰) (DeNIRO; EPSTEIN, 1981; MINIWAGA; WADA, 1984; PETERSON; FRY, 1987; CAUT; ANGULO; COURCHAMP, 2009). Contudo, não parece existir um padrão claro de diferenciação entre as todas as espécies de répteis já estudadas (ver Tabela 2), por exemplo, Seminoff et al. (2009) encontraram valores variando de 1,49 a 2,86 ‰ para a tartaruga marinha *Dermochelys coriacea* e Seminoff et al. (2007) encontraram valores de -0,80 a 3,8 ‰ para o cágado orelha-vermelha *Trachemys scripta*. No caso dos crocodilianos, estudos prévios também detectaram valores mais baixos em relação ao $\Delta^{15}\text{N}$. Rosenblatt e Heitaus (2013) encontraram valores variando de -1,75 a 1,22 ‰ para *Alligator mississippiensis* e Caut (2013) encontrou valores de -2,5 a 0,39 ‰ para filhotes de *C. latirostris*. A variação entre as espécies pode ocorrer devido a padrões específicos de crescimento, caminhos de roteamento isotópicos, padrões de síntese proteica e estratégia de eliminação de excretas nitrogenados (ROSENBLATT; HEITAUS, 2013).

Os fatores de discriminação dos isótopos de carbono para *C. latirostris* estão dentro da amplitude descrita na literatura (0 – 1 ‰) (DeNIRO; EPSTEIN, 1978; PETERSON; FRY, 1987; CAUT; ANGULO; COURCHAMP, 2009) e para outros répteis (ver Tabela 2). Os valores de $\Delta^{13}\text{C}$ são semelhantes ao encontrados para aligatores (-0,65 a 0,61 ‰; ROSENBLATT; HEITAUS, 2013) e filhotes de *C. latirostris* (-0,52 a 1,06 ‰; CAUT, 2013).

Os mecanismos que controlam estas diferenças em répteis não são plenamente conhecidos (ROSENBLATT; HEITAUS, 2013).

O fator de discriminação é um dos parâmetros mais importante nestes modelos, porque influencia diretamente nos seus resultados (BEN-DAVID; SCHELL, 2001). Atualmente existe uma crescente percepção da grande variação destes valores entre os táxons, o que torna os valores dos fatores de discriminação encontrados neste estudo importantes para aumentar o conhecimento para o jacaré-de-papo-amarelo.

Os fatores de discriminação apresentam diversas fontes de variação, como tipo de alimento, estresse fisiológico, extração de lipídios, qualidade da dieta, estado nutricional, táxon, tecidos e idade (MINAGAWA; WADA, 1984; HOBSON; ALISAISKAS; CLARK, 1993; PINNEGAR; POLUNIN, 1999; ROTH; HOBSON, 2000; PEARSON et al., 2003). Porém, o mecanismo de termorregulação do jacaré-de-papo-amarelo (ectotermia) talvez exerça um papel fundamental para a configuração nos valores de discriminação encontrados neste estudo.

A maioria dos dados da literatura se baseiam principalmente em experimentos realizados com animais endotermos (mamíferos e aves) (CAUT; ANGULO; COURCHAMP, 2009), por isso, devem ser utilizados com cautela em possíveis comparações. Animais ectotérmicos apresentam um sistema fisiológico distinto (POUGH; JANIS; HEISER, 2003; ZUG et al., 2008) que pode influenciar na dinâmica de incorporação dos isótopos de carbono e nitrogênio.

Tabela 2 - Fatores de discriminação dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio ($\Delta^{13}\text{C}$ e $\Delta^{15}\text{N}$) em diversos tecidos de répteis (cvs = células vermelhas do sangue)

Espécie	Tecido	$\Delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\Delta^{15}\text{N}$ (‰)	Referencia
<i>Alligator mississippiensis</i> (alligator Americano)	cvs	-0,49–0,03	-0,78–0,95	ROSENBLATT; HEITAUS, 2013
	plasma do sangue	-0,65–0,04	-1,75–0,35	
	escudos	0,28–0,61	-1,39–1,22	
<i>Caiman latirostris</i> (jacaré-de-papo-amarelo)	cvs	-0,52–0,66	-0,93–0,39	CAUT, 2013
	plasma do sangue	-0,11–0,08	-2,24–0,08	
	músculo	-0,04–1,06	-2,5–1,59	
<i>Trachemys scripta</i> (cágado orelha-vermelha)	unha	0,23	2,3	ARESCO, 2005
<i>Trachemys scripta</i> (cágado orelha-vermelha)	cvs	-	1,90	SEMINOFF et al., 2007
	plasma do sangue	-	2,50–3,80	
	todo sangue	-	-0,80–2,20	
	fígado	-	0,40–3,00	
	cérebro	-	2,90	
	músculo peitoral maior	-	2,7	
	músculo pubio-femoral	-	3,4	
<i>Gopherus agassizii</i> (jabuti do deserto)	cvs	0,20–0,80	-	MURRAY; WOLF, 2012
	plasma do sangue	1,00–1,60	-	
	escudos	0,60–0,80	-	
<i>Caretta caretta</i> (tartaruga cabeçuda)	cvs	-0,64–1,53	-0,25–0,16	REICH et al., 2008
	plasma do sangue	-0,38–0,29	-0,32–1,50	
	todo sangue	1,11–0,92	0,14–0,19	
	pele	1,11–2,62	1,60	
	escudos	-0,86–1,77	-0,64–0,61	
<i>Chelonia mydas</i> (tataruga verde)	cvs	-1,11	0,22	SEMINOFF et al., 2006
	plasma do sangue	-0,12	2,92	
	todo sangue	-0,92	0,57	
	epiderme	0,17	2,80	
<i>Chelonia mydas</i> (adultos; tataruga verde)	cvs	0,30	2,48	VANDER- ZANDEN et al., 2012
	plasma do sangue	0,24	4,17	
	derme	2,58	4,93	
	epiderme	1,62	4,04	
<i>Chelonia mydas</i> (juvenis; tataruga verde)	cvs	0,51	2,36	VANDER- ZANDEN et al., 2012
	plasma do sangue	1,16	4,06	
	derme	2,18	4,15	
	epiderme	1,87	3,77	
<i>Dermochelys coriácea</i> (tataruga de couro)	cvs	0,46	1,49	SEMINOFF et al., 2009
	plasma do sangue	-0,58	2,86	
	todo sangue	0,35	1,98	
<i>Elaphe guttata guttata</i> (cobra do milho)	pele	2,26	1,85	FISK et al., 2009
	todo sangue	2,25	-	
	fígado	1,73	-	
	músculo	2,29	-	
<i>Sceloporus undulatus</i> <i>consobrinus</i> (lagarto da pradaria)	cvs	-1,10	-	WARNE et al., 2010
	plasma do sangue	-0,50	-	
	pele	-0,80	-	
	fígado	-1,00	-	
	músculo	-1,90	-	
<i>Crotaphytus collaris</i> (lagarto de colarinho)	cvs	-1,00	-	WARNE et al., 2010
	plasma do sangue	0,20	-	

A estratégia de eliminação de excretas nitrogenados pode estar influenciando nestes resultados (ver SEMINOFF et al., 2009). Os animais podem ser divididos em três grupos de acordo com o principal dejetto nitrogenado excretado: amonotélico (amônia), uricotélico (ácido úrico) e ureotélico (ureia) (POUGH et al., 2003). Crocodilianos, por viverem no ambiente aquático, possuem a vantagem de excretar diretamente amônia (extremamente tóxica) gastando uma menor quantidade de energia e etapas bioquímicas no processo de geração dos excretas. Organismos ureotélicos e uricotélicos apresentam valores de $\delta^{15}\text{N}$ maiores que organismos amonotélicos (VANDERKLIFT; PONSARD, 2003). Em alguns casos, crocodilianos em stress osmótico podem também excretar ácido úrico (LESLIE; SPOTILA, 2000) e estudos futuros devem focar estas estratégias fisiológicas visando entender suas consequências na incorporação dos isótopos de nitrogênio.

O tipo e a qualidade da dieta também podem influenciar diretamente os fatores de discriminação. Este efeito foi registrado para uma ampla variedade de táxons e deve ser considerado na interpretação de dados isotópicos (MIRÓN et al., 2006; CAUT; ANGULO; COURCHAMP, 2009; CAUT et al., 2010; FLORIN; FELICETTI; ROBBINS, 2011; LECOMTE et al., 2011). Caut, Angulo e Courchamp (2009) em sua revisão (66 estudos) sobre a variação dos fatores de discriminação ($\Delta^{13}\text{C}$ e $\Delta^{15}\text{N}$) e seus efeitos na reconstrução da dieta encontraram uma relação negativa entre os valores de $\Delta^{13}\text{C}$ e $\Delta^{15}\text{N}$ e das composições isotópicas das dietas, ou seja, conforme aumenta o valor da razão isotópica da dieta diminui o valor do fator de discriminação. Um recente experimento controlado com o aligátor americano (*Alligator mississippiensis*) corrobora parcialmente este padrão, ao encontrar esta relação somente para o $\Delta^{15}\text{N}$ (ROSENBLATT; HEITAUS, 2013).

Este estudo utilizou somente um tipo de dieta que é comumente usada em criatórios de *C. latirostris* no Brasil (SARKIS-GONÇALVES et al., 2002), por isso, não foi possível avaliar o efeito da dieta nos fatores de discriminação da espécie. No ambiente natural, uma

grande variação intraespecífica da dieta é esperada para a espécie devido ao seu grande crescimento de filhotes (aproximadamente 30 g) a adultos (até 60 kg) e a sua ampla distribuição latitudinal (5° a 34 °S) e altitudinal (0 a 800 m). Futuros estudos sobre fatores de discriminação devem considerar estas fontes de variação.

A idade pode influenciar o fator de discriminação dependendo do táxon de interesse. Este efeito foi descrito para tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) (REICH; BJORN DAL; DEL RIO, 2008), para tartaruga verde (*Chelonia mydas*) (VANDER-ZADEN et al., 2012) e para a raposa vermelha (*Vulpes vulpes*) (ROTH; ROBSON, 2000). De outra forma, a inexistência desta relação foi relatada em estudos envolvendo gado (SUTOH; KOYAMA; YONEYAMA, 1987), mexilhões (MINAGAWA; WADA, 1984) e aves (HOBSON; CLARK, 1992).

C. latirostris neste estudo apresentou diferenças em relação à classe etária somente para o $\Delta^{13}\text{C}$ da unha, enquanto não houve efeito para o nitrogênio. Apesar disso, estes resultados devem ser considerados com cautela, pois todos os indivíduos analisados não atingiram a maturidade sexual (juvenis) e ocorre uma relativa sobreposição do tamanho corporal entre as classes etárias. Estudos futuros envolvendo espécimes mais velhos e consequentemente abrangendo uma ampla faixa de tamanhos corpóreos devem ser priorizados para avaliar melhor este efeito. Ademais, processos ecofisiológicos podem ter uma consistente variação intraespecífica (e.g. populacional) em crocodilianos devido à plasticidade de suas taxas de crescimento (ABERCROMBIE; VERDADE, 2002). Esta característica também deve ser considerada em futuros estudos isotópicos com crocodilianos.

4.5 Conclusões

Os fatores de discriminação quantificados neste estudo são relativamente distintos dos valores previamente estabelecidos para outros táxons, o que ressalta a necessidade de valores específicos para cada espécie visando à correta interpretação e análise de dados isotópicos

coletados no campo. No entanto, muitas questões importantes a respeito dos fatores de discriminação permanecem sem resposta. Futuros estudos com crocodilianos devem focar os possíveis efeitos do sexo, tamanho do corpo, variação no crescimento, tipo/qualidade da dieta e tipo de tecido nos fatores de discriminação. A elucidação da dinâmica de isótopos estáveis em uma ampla gama de espécies permitirá uma melhor compreensão das aplicações e limitações das análises de isótopos estáveis.

Referências

- ABERCROMBIE, C.L.; VERDADE, L.M. A análise do crescimento em crocodilianos. In: VERDADE, L.M.; LARRIERA, A. (Ed.). **La conservación y El manejo de caimanes y cocodrilos de América Latina**. Piracicaba: CN Editaría, 2002. v. 2 p. 1-20.
- ARESCO, M.J. **Ecological Relationships of Turtles in Northern Florida Lakes: A Study of Omnivory and the Structure of a Lake Food Web**. 2005. 141p. Tese (Doutorado em Biological Science) - Florida State University, Florida, 2005.
- BEN-DAVID, M.; SCHELL, D.M. Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a response. **Oecologia**, Berlin, v. 127, p. 180–184, 2001.
- BORTEIRO, C.; PRIGIONI, C.; GARCIA, J.E.; TEDROS, M.; GUTIÉRREZ, F.; KOLENC, F. Geographic distribution and conservation status of *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae) in Uruguay. **Phyllomedusa**, Belo Horizonte, v. 5, p. 97-108, 2006.
- CAUT, S. Isotope incorporation in broad-snouted caimans (crocodilians). **Biology open**, Cambridge, v. 0, p. 1-6, 2013.
- CAUT, S.; ANGULO, E.; COURCHAMP, F. Caution on isotopic model use for analyses of consumer diet. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 86, p. 438-445, 2008.
- _____. Variation in discrimination factors ($\Delta^{15}\text{N}$ and $\Delta^{13}\text{C}$): the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 46, p. 443-453, 2009.
- CAUT, S.; ANGULO, E.; COURCHAMP, F.; FIGUEROLA, J. Trophic experiments to estimate isotope discrimination factors. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 47, p. 948–954, 2010.
- CASEY, M.M.; POST, D.M. The problem of isotopic baseline: Reconstructing the diet and trophic position of fossil animals. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v. 106, p. 131–148, 2011.

CERLING, T.E.; WITTEMYER, G.; RASMUSSEN, H.B.; VOLLRATH, F.; CERLING, C.E.; ROBINSON, T.J.; DOUGLAS-HAMILTON, I. Stable isotopes in elephant hair document migration patterns and diet changes. **Proceedings of the National Academic of Science**, Washington, v. 103, p. 371–373, 2006.

CRAWFORD, K.; MCDONALD, R.A.; BEARHOP, S. Applications of stable isotope techniques to the ecology of mammals. **Mammal Review**, Southampton, v. 38, p. 87–107, 2008.

DALERUM, F.; ANGERBJÖRN, A. Resolving temporal variation in vertebrate diets using naturally occurring stable isotopes. **Oecologia**, Berlin, v. 144, p. 647–658, 2005.

DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 42, p. 495–506, 1978.

_____. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 45, p. 341–351, 1981.

FARQUHAR, G.D.; EHRLINGER, J.R.; HUBICK, K.T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 40, p. 503–537, 1989.

FISK, A.T.; SASH, K.; MAERZ, J.; PALMER, W.; CARROLL, J.P.; MACNEIL, A. Metabolic turnover rates of carbon and nitrogen stable isotopes in captive juvenile snakes. **Rapid Communications Mass Spectrometry**, Malden, v. 23, p. 319–326, 2009.

FLORIN, S.T.; FELICETTI, L.A.; ROBBINS, C.T. The biological basis for understanding and predicting dietary-induced variation in nitrogen and sulphur isotope ratio discrimination. **Functional ecology**, New York, v. 25, p. 519–526, 2011.

FRY, B. **Stable Isotope Ecology**. New York: Springer Science & Business Media, USA, 2006. 298p.

GANNES, L.Z.; O'BRIEN, D.M.; DEL RIO, C.M. Stables isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for more laboratory experiments. **Ecology**, Washington, v. 78, p. 1271–1276, 1997.

GANNES, L.Z.; DEL RIO, C.M.; KOCH, P. Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiological ecology. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Vancouver, v. 119, p. 725–737, 1998.

GRIGG, G.C.; BEARD, L.A.; MOULTON, T.; QUEIROL MELO, M.T.; TAPLIN, L.E. Osmoregulation by the broad-snouted caiman, *Caiman latirostris*, in estuarine habitat in southern Brazil. **Journal of Comparative Physiology B**, Heidelberg, v. 168, p. 445–452, 1998.

HOBSON, K.A. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. **Oecologia**, Berlin, v. 120, p. 314–326, 1999.

HOBSON, K.A.; CLARK, R.G. Assessing avian diets using stable isotopes II: factors influencing diet–tissue fractionation. **The Condor**, Oklahoma, v. 94, p. 189–197, 1992.

HOBSON, K.A.; WASSENAAR, L.I. **Tracking Animal Migration with Stable Isotopes**. London: Academic Press, 2008. 144p.

HOBSON, K.A.; ALISAISKAS, R.T.; CLARK, R.G. Stable-nitrogen isotope enrichment in avian tissues due to fasting and nutritional stress: implications for isotopic analysis of diet. **The Condor**, Oklahoma, v. 95, p. 388–394, 1993.

KELLY, J.F. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 78, p. 1–27, 2000.

KUPFER, A.; LANGEL, R.; SCHEU, S.; HIMSTEDT, W.; MARAUN, M. Trophic ecology of a tropical aquatic and terrestrial food web: insights from stable isotopes (^{15}N). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 1–8, 2006.

LECOMTE, N.; AHLSTRØM, O.; EHRICH, D.; FUGLEI, E.; IMS, R.A.; YOCCOZ, N.G. Intrapopulation variability shaping isotope discrimination and turnover: experimental evidence in arctic foxes. **Plos One**, San Francisco, v. 6, n. 6, p.21357, 2011.

LESLIE, A.J.; SPOTILA, J.R. Osmoregulation of the Nile crocodile, *Crocodylus niloticus*, in lake St. Lucia, KwaZulu: Natal, South Africa. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, New York, v. 126, p.351-365, 2000.

MAGNUSSON, W.E.; ARAÚJO, M.C.; CINTRA, R.; LIMA, A.P.; MARTINELLI, L.A.; SANAIOTTI, T.M.; VASCONCELOS, H.L.; VICTORIA, R.L. Contributions of C_3 and C_4 plants to higher trophic levels in an Amazonian savanna. **Oecologia**, Berlin, v. 119, p. 91-96, 1999.

MARTINEZ DEL RIO, C.; WOLF, N.; CARLETON, S.A.; GANNES, L.Z.. Isotopic ecology ten years after a call for more laboratory experiments. **Biological Reviews**, Oxford, v. 84, p. 91-111, 2009.

MCCUTCHAN, J.H.; LEWIS, W.M.; KENDALL, C.; MCGRATH, C.C. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. **Oikos**, Sweden, v. 102, p. 378-390, 2003.

MEDEM, F. **Los Crocodylia de Sur America**. Bogotá: Colciencias, 1983. v. 2. p. 270.

MINAGAWA, M.; WADA, E. Step-wise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\Delta^{15}\text{N}$ and animal age. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 48, p. 1135– 1140, 1984.

MIRÓN, M.L.; HERRERA, L.G.; RAMÍREZ, N.; HOBSON, K.A. Effect of diet quality on carbon and nitrogen turnover and isotopic discrimination in blood of a New World nectarivorous bat. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge v. 209, p. 541–548, 2006.

MURRAY, I.W.; WOLF, B.O. Carbon Incorporation Rates and Diet-to-Tissue Discrimination in Ectotherms: Tortoises Are Really Slow. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 85, p. 96-105 2012.

PEARSON, S.F.; LEVEY, D.J.; GREENBERG, C.H.; MARTÍNEZ DEL RIO, C. Effects of elemental composition on the incorporation of dietary nitrogen and carbon isotopic signatures in an omnivorous songbird. **Oecologia**, Berlin, v. 135, p. 516–523, 2003.

PETERSON, B.J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 293–320, 1987.

PHILLIPS, D.L.; GREGG, J.W. Uncertainty in source partitioning using stable isotopes. **Oecologia**, Berlin, v. 127, p. 171–179, 2001.

PINNEGAR, J.K.; POLUNIN, N.V.C. Differential fractionation of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ among fish tissues: implications for the study of trophic interactions. **Functional Ecology**, New York, v. 13, p. 225–231, 1999.

POST, D.M.; LAYMAN, C.A.; ARRINGTON, D.A.; TAKIMOTO, G.; QUATTROCHI, J.; MONTAÑA, C. G. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. **Oecologia**, Berlin, v. 152, p. 179–189, 2007.

POUGH, F.H.; JANIS, C.M.; HEISER, J.B. **A vida dos vertebrados**. 3rd ed. São Paulo: Atheneu editora, 2003. 699p.

POUGH, F.H.; ANDREWS, R.M.; CADLE, J.E.; CRUMP, M.L.; SAVITSKY, A.H.; WELL, K.D. **Herpetology**. Nova York: Benjamin Cummings, 2003. 736p.

RAMOS, R.; GONZÁLEZ-SOLÍS, J. Trace me if you can: the use of intrinsic biogeochemical markers in marine top predators. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 10, p. 258–266, 2012.

REICH, K.J.; BJORNDAL, K.A.; DEL RIO, K.M. Effects of growth and tissue type on the kinetics of ^{13}C and ^{15}N incorporation in a rapidly growing ectotherm. **Oecologia**, Berlin, v. 155, p. 651–663, 2008.

ROSENBLATT, A.E.; HEITHAUS, M.R. Does variation in movement tactics and trophic interactions among American alligators create habitat linkages? **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 80, p. 786–798, 2011.

ROSENBLATT, A.E.; HEITHAUS, M.R. Slow isotope turnover rates and low discrimination values in the American Alligator: implications for interpretation of ectotherm stable isotope data. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 86, p. 137–148, 2013.

ROTH, J.D.; ROBSON, K.A. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissue of captive red fox: implications for dietary reconstruction. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 78, p. 848–852, 2000.

SARKIS-GONÇALVES, F.; CASTRO, A.M.V.; VERDADE, L.M. Uso de descartes de origem animal e ganho de peso de jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, p. 243–250, 2002.

SEMINOFF, J.A.; JONES, T.T.; EGUCHI, T.; JONES, D.R.; DUTTON, P.H. Stable isotope discrimination ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) between soft tissues of the green sea turtle *Chelonia mydas* and its diet. **Marine Ecology Progress Series**, Halstenbek, v. 308, p. 271–278, 2006.

SEMINOFF, J.A.; BJORNDAL, K.A.; BOLTEN, A.B. Stable carbon and nitrogen isotope discrimination and turnover in pond sliders *Trachemys scripta*: Insights for trophic study of freshwater turtles. **Copeia**, New York, v. 2007, p. 534–542, 2007.

SEMINOFF, J.A.; JONES, T.T.; EGUCHI, T.; HASTINGS, M.; JONES, D.R. Stable carbon and nitrogen isotope discrimination in soft tissues of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*): Insights for trophic studies of marine turtles. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Amsterdam, v. 381, p. 33–41, 2009.

SUTOH, M.; KOYAMA, T.; YONEYAMA, T. Variations of natural ^{15}N abundances in the tissues and digesta of domestic animals. **Radioisotopes**, Tokyo, v. 36, p. 74–77, 1987.

VANDERKLIFT, M.A.; PONSARD, S. Sources of variation in consumer-diet $\Delta^{15}\text{N}$ enrichment: a meta-analysis. **Oecologia**, Berlin, v. 136, p. 169–182, 2003.

VANDER-ZANDEN, H.B.; BJORNDAL, K.A.; MUSTIN, W.; PONCIANO, J.M.; BOLTEN, A.B. Inherent Variation in Stable Isotope Values and Discrimination Factors in Two Life Stages of Green Turtles. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 85, p. 431–441, 2012.

VERDADE, L.M. Regression equations between body and head measurements in the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, p. 469–482, 2000.

_____. Allometry of reproduction in broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 61, p. 431–435, 2001.

_____. A exploração da fauna silvestre no Brasil: jacarés, sistemas e recursos humanos. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 4, p. 1–12, 2004.

VERDADE, L.M.; PIÑA, C.I. *Caiman latirostris*. **Catalog of the American Society of Amphibians and Reptiles**, Bethesda, v. 833, p. 1–21, 2006.

VERDADE, L.M.; PIÑA, C.I.; ARAÚJO, J.L.O. Diurnal use of space by captive adult broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*): Implications for pen design. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 251, p. 333–339, 2006.

WARNE, R.W.; GILMAN, C.A.; WOLF, B.O. Tissue-Carbon Incorporation Rates in Lizards: Implications for Ecological Studies Using Stable Isotopes in Terrestrial Ectotherms. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 83, p. 608–617, 2010.

WHEATLEY, P.V.; PECKHAM, H.; NEWSOME, S.D.; KOCH, P.L. Estimating marine resource use by the American crocodile *Crocodylus acutus* in southern Florida, USA. **Marine Ecology Progress Series**, Halstenbek, v. 447, p. 211–229, 2012.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 3rd edition. New Jersey: Prentice-Hall International Editions, 1996.

ZUG, G.R.; VITT, L.J.; CALDWELL, J.P. **Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles**. 2nd ed. Academic Press, 2008. 630p.

5 VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA DE NICHOS ISOTÓPICOS EM JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*Caiman latirostris*)

Resumo

Estratégias para minimizar a competição intraespecífica são comuns em animais selvagens, como por exemplo, explorar recursos alimentares em diferentes níveis da cadeia trófica. Análises de isótopos estáveis são particularmente úteis para verificar variações intraespecíficas de nicho, pois a composição isotópica dos animais tende a refletir tanto os alimentos consumidos quanto os habitats ocupados pelas espécies. No entanto, estudos com esta metodologia são escassos em crocodilianos neotropicais. Este estudo teve como objetivo verificar a existência de variações ontogenéticas e sexuais de nicho no jacaré-de-papo-amarelo utilizando os isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em uma paisagem silvicultural da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, estado de São Paulo, Brasil. As razões isotópicas do carbono e nitrogênio foram determinadas a partir de amostras de unhas coletadas de 24 juvenis, 8 adultos e 16 filhotes de *C. latirostris*. Foi identificada uma variação ontogenética discreta de nicho isotópico e diferença sexual somente para os juvenis, possivelmente relacionada a um efeito de ninhada. Estes resultados podem indicar uma possível exploração distinta dos recursos, com consequente redução na competição intraespecífica.

Palavras-chave: Isótopos estáveis; Crocodilianos; Carbono; Nitrogênio; Recursos alimentares

Abstract

Strategies to minimize intraspecific competition are common in wild animals. For example, individuals may exploit food resources at different levels of the food chain. Analyses of stable isotopes are particularly useful for verifying variations in the intraspecific niche because the chemical composition of animals tends to reflect both the food consumed and the habitats occupied by species. However, studies using this methodology to investigate neotropical crocodilians are scarce. This study aimed to verify the existence of ontogenetic and sexual niche variation in Broad-snouted caiman using carbon and nitrogen stable isotopes in a silvicultural landscape of Alto Paranapanema watershed, São Paulo state, Brazil. The isotopic ratios of carbon and nitrogen were determined in claw samples collected from 24 juveniles, 8 adults, and 16 hatchlings of *C. latirostris*. We identified a discrete ontogenetic variation in the isotopic niche and sexual difference only for juveniles, possibly related to clutch-effect. These results may indicate differences in the exploitation of food resources and a consequent reduction in intraspecific competition.

Keywords: Stable isotopes; Crocodilians; Carbon; Nitrogen; Food resources

5.1 Introdução

O conceito de nicho ecológico é tradicionalmente definido como o espaço multidimensional de recursos utilizado por um organismo (HUTCHINSON, 1957). No

entanto, avanços conceituais e desenvolvimentos tecnológicos em ecologia isotópica nas últimas décadas favoreceram um aumento da aplicação desta metodologia visando investigar as relações entre organismos e a adaptação do conceito de nicho. Nicho isotópico pode ser definido como a área do polígono formado pelas composições isotópicas no δ espaço (NEWSOME et al., 2007).

Análises de isótopos estáveis são particularmente úteis neste contexto, pois a composição isotópica dos animais tende a refletir tanto os alimentos consumidos quanto os habitats ocupados pelas espécies (DeNIRO; EPSTEIN, 1978; 1981; HOBSON, 1999) propiciando uma representação integrada de espaço e tempo. A composição do isótopo estável de carbono (expresso classicamente como $\delta^{13}\text{C}$) é amplamente utilizada para diferenciar fontes de carbono da dieta (PETERSON; FRY, 1987; FRY, 2006) e a composição do isótopo estável de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) para determinar o nível trófico de um organismo devido ao aumento progressivo do $\delta^{15}\text{N}$ da base ao topo da cadeia alimentar (MINIWAGA; WADA, 1984). A metodologia isotópica também pode propiciar a identificação de diferenças na utilização dos recursos em diferentes escalas temporais (DALERUM; ANGERBJÖRN, 2005) favorecendo a avaliação de tendências ecológicas a longo prazo, essenciais em projetos de manejo e conservação (NEWSOME et al., 2007).

Estratégias para minimizar a competição intraespecífica são comuns em animais selvagens, pois podem maximizar a exploração dos recursos disponíveis (e.g. habitat ou alimento) e aumentar o sucesso dos competidores (MORIN, 2011; RICKELEFS, 2008). As variações intraespecíficas no uso de recursos apresentam implicações evolutivas importantes nos atributos ecológicos das espécies (BOLNICK et al., 2011) e podem ocorrer ao longo do desenvolvimento ontogenético dos indivíduos (POLIS, 1984; WERNER; GILLIAN, 1984) e/ou entre os sexos (SHINE, 1989).

O tamanho corpóreo é um fator importante na biologia dos animais, pois influencia diretamente os seus requerimentos energéticos (WERNER; GILLIAN, 1984). Mudanças ontogenéticas de nicho envolvem alterações na utilização dos habitats e exploração de recursos alimentares (MORIN, 2011). Variações ontogenéticas na exploração de recursos têm sido amplamente estudadas em uma grande diversidade de táxons, como invertebrados (HENTSCHEL, 1998), anfíbios (ROSA et al., 2011), répteis (HATASE et al., 2002; WILLSON et al., 2010), aves (FORERO et al., 2002; 2005) e mamíferos (KNOFF et al., 2008; NEWSOME et al., 2009). Além disso, variações sexuais também são comuns (HOUSTON; SHINE, 1993; BULTÉ; GRAVEL; BLOUIN-DEMERS, 2008).

Espécies de crocodilianos apresentam um grande crescimento na massa corpórea de filhotes a adultos, o que pode resultar em mudanças na exploração dos recursos alimentares (HUCHZERMEYER, 2003). O entendimento das mudanças da dieta apresenta importância fundamental para a conservação das espécies e está diretamente relacionado com mudanças nos nichos ecológicos (RADLOFF et al., 2012). O conceito de nicho detém fundamental importância para o entendimento das estratégias de história de vida e interações ecológicas (KAWANISHI et al., 2012). Contudo, são escassos estudos com esta abordagem em crocodilianos neotropicais, especialmente em ambientes antrópicos onde a disponibilidade de recursos pode ser drasticamente alterada devido ao manejo da paisagem.

Este estudo teve como objetivo testar a possível ocorrência de variações ontogenéticas e sexuais de nicho isotópico no jacaré-de-papo-amarelo utilizando os isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em uma paisagem silvicultural do sudeste do Brasil. A hipótese nula deste trabalho é: não existem variações intraespecíficas (ontogenéticas e sexuais) de nicho no jacaré-de-papo-amarelo nestas circunstâncias.

5.2 Materiais e métodos

5.2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado em duas fazendas de silvicultura (Três Lagoas: 23°22'0'' – 23°20'41''S/48°28'0'' – 48°27'57''W e Arca: 23°20'0'' – 23°18'51''S/48°27'30'' – 48°28'20''W) situadas no município de Angatuba, estado de São Paulo, Brasil. O clima da região é sub-tropical (Cwa), de acordo com o sistema de Köppen, possuindo inverno seco com temperaturas inferiores a 18°C e verão quente com temperaturas superiores a 22°C. A média da precipitação mensal acumulada durante o período de estudo foi 116 mm, variando de 1,6 mm em agosto de 2010 a 369,9 mm em janeiro de 2011 (dados fornecidos pela Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, Escola Superior de Aricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo).

A área de estudo está inserida em uma área originalmente de transição entre Cerrado e Floresta Estacional Semidecídua que sofreu ciclos de desmatamentos e regeneração da vegetação nativa (LISBOA, 2008). A fazenda Três Lagoas e fazenda Arca detêm área total de 3.209 ha e 1.122 ha, respectivamente. A paisagem nas duas fazendas é um mosaico formado pela matriz de silvicultura de eucalipto, fragmentos de mata e corpos d'água (lagoas, açudes e ribeirões). As capturas dos jacarés ocorreram em cinco corpos d'água destas fazendas: Lagoão, Lagoa Suja, Três Lagoas, Açude Vermelho e Açude do Casemiro.

5.2.2 Metodologia amostral

As capturas foram feitas conduzidas de fevereiro de 2010 a abril de 2011 durante o período noturno com auxílio de laço de cabo de aço e lanternas de cabeça para localizar os animais. A aproximação com barco foi feita conforme descrito por HUTTON et al. (1987) ou pela margem do corpo d'água (quando de pequeno tamanho) imitando-se a vocalização dos filhotes. Além disso, também foram utilizadas armadilhas do tipo covo (três aros de ferro com

um metro de diâmetro e 6 cm de tamanho de malha) instaladas no interior dos corpos d'água próximas às suas margens. Os animais foram contidos fisicamente, tiveram seus olhos vendados com pano e boca fechada com fita adesiva.

Os indivíduos foram marcados por meio de cortes nas cristas simples e duplas (CHABRECK, 1963; BOLTON, 1994), com uma combinação numérica previamente estabelecida e também com microchips (*transponders*) (Destron, TX1414B). O comprimento total do corpo (TTL) e rostro-cloacal (SVL) foi mensurado com fita métrica (0,1 cm precisão) (VERDADE, 1997) e a determinação do sexo realizada por meio do exame visual da morfologia da genitália utilizando um espécule de tamanho apropriado (CHABRECK, 1963; ALLSTEAD; LANG, 1995). Fragmentos de unha (0,5 cm da parte terminal em adultos e juvenis e inteira em filhotes) foram coletados de todos os animais capturados para análises dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio. Unhas são consideradas tecidos metabolicamente inertes que registram a composição isotópica dos recursos alimentares no momento de sua formação (ETHIER et al. 2010).

As amostras de unhas foram secas em estufa a 50° C até atingir massas constantes e fragmentadas ao menor tamanho possível. O material resultante foi pesado (0,8-1,0 mg) e colocado em pequenas cápsulas de estanho.

As composições isotópicas de carbono e nitrogênio foram determinadas pela combustão “on-line” da amostra por CF-IRMS em um analisador elementar Carlo Erba (CHN-1110) acoplado ao espectrômetro de massas Delta Plus. As análises foram conduzidas no Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo (USP). O cálculo da composição isotópica do carbono e nitrogênio foi feito por meio da equação:

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ou } \delta^{15}\text{N} = \left(\frac{R_{amostra} - R_{padr\tilde{a}o}}{R_{padr\tilde{a}o}} \right) * 1000$$

onde R é a razão molar $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ na amostra e no padrão, sendo os resultados representados em delta (δ) por mil (‰). Os padrões usados para o carbono e nitrogênio foram o Pee Dee Belemnite (PDB) e o ar atmosférico (AIR), respectivamente. O erro analítico das medidas isotópicas foi estimado em 0,3 ‰ para o $\delta^{13}\text{C}$ e 0,5 ‰ para o $\delta^{15}\text{N}$ por meio de medidas repetidas do padrão interno (*sugarcane*).

5.2.3 Metodologia analítica

Os animais capturados foram separados nas seguintes classes etárias adaptadas de Larriera et al. (2006): filhotes (classe I) < 50 cm, juvenis (classe II) 50-129,9 cm e adultos (classe III e IV) > 130 cm de comprimento total (TTL). Estas classes etárias foram convertidas para medidas baseadas no comprimento rostro-cloacal (SVL) de acordo com equações de regressão disponíveis em Verdade (2000) para *C. latirostris* (relação TTL-SVL: $r^2 = 0,97$, $p < 0,001$) porque crocodilianos geralmente perdem parte de suas caudas em interações agonísticas (VERDADE, 1992); portanto, as classes etárias podem ser representadas por: filhotes (classe I) < 25 cm, juvenis (classe II) 25 – 67,9 cm e adultos (classe III e IV) > 68 cm de SVL. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos filhotes capturados não foram incorporados nas análises por se tratarem de indivíduos da mesma ninhada (pseudorreplicações), mas as médias e desvios padrões foram apresentados.

A variação ontogenética de nicho foi avaliada segundo o *framework* de teste de hipótese proposto por Hammerschlag-Peyeret al. (2011) para razões de isótopos estáveis. Este *framework* identifica três possíveis tipos de situações: 1- inexistência de variação de nicho, 2- expansão/redução de nicho e 3- variação discreta de nicho entre classes de tamanho

(WERNER; GILLIAM, 1984), levando em consideração características importantes de utilização de recursos alimentares como amplitude de nicho (elipse padrão Bayesiana), posição de nicho (teste de tendência central) e sobreposição de nicho.

Métricas quantitativas baseadas na posição dos indivíduos no espaço $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{13}\text{C}$ tem sido utilizadas para revelar aspectos da estrutura trófica de animais selvagens ao nível de população e comunidade (LAYMAN et al., 2007a; 2007b; QUEVEDO et al., 2009). A métrica área total (TA; área do polígono convexo formado pelos indivíduos extremos no espaço $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{13}\text{C}$) indica a amplitude de nicho da população ou comunidade estudada (LAYMAN et al., 2007a). Entretanto, a área do polígono é altamente influenciável pelo tamanho da amostra, tornando inviável a comparação entre grupos com números amostrais distintos (JACKSON et al., 2011). Portanto, foi utilizada a elipse padrão Bayesiana (SEA_B) para medir a amplitude de nicho por ser robusta à variação no tamanho amostral (JACKSON et al., 2011). Esta métrica é calculada a partir da variância e covariância de dados x e y (conjunto de dados bivariados) contendo aproximadamente 40% dos dados e revelando o nicho central. Valores de probabilidades de diferenças entre os grupos foram obtidos calculando a proporção do número total de simulações (10.000) onde um grupo tem a maior SEA que o outro. Detalhes a respeito dos cálculos podem ser encontrados em Jackson et al. (2011). As métricas foram calculadas usando o pacote *Stable Isotope Analysis in R* (SIAR – PARNELL et al., 2010) no programa R (R CORE TEAM, 2013).

A posição do nicho foi avaliada pelo teste de tendência central. Este teste foi baseado na distância euclidiana entre os centroides dos grupos (TURNER et al., 2010). Modelos lineares aninhados e procedimentos de permutação residuais foram gerados e as medidas (distância euclidiana) comparadas entre os grupos (TURNER et al., 2010). Os testes foram realizados no programa R (R CORE TEAM, 2013) seguindo o script disponibilizado no apêndice de Turner et al. (2010).

MANOVA foi realizado para verificar se as composições isotópicas ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) diferem entre as classes etárias (juvenis e adultos) e sexos. No caso de significância, ANOVA para cada composição isotópica foram realizadas visando determinar qual delas contribuiu para o efeito significativo. O teste *post-hoc* utilizado foi análise de média (ANOM).

A regressão linear foi utilizada para verificar a relação entre as composições isotópicas e o SVL, além testar esta relação nos machos e fêmeas juvenis. Ademais, ANCOVA foi utilizada para verificar a interação entre sexo e SVL nos juvenis. A normalidade dos dados e homocedasticidade da variância foram analisados previamente. As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa Minitab 16.

5.3 Resultados

No total foram capturados 48 indivíduos de jacaré-de-papo-amarelo (16 filhotes, 24 juvenis e 8 adultos), sendo 22 indivíduos do Lagoão, 23 da Lagoa Suja, 1 da Três Lagoas, 1 do Açude Vermelho e 1 do Açude do Casemiro. As médias dos comprimentos totais foram $22,8 \pm 0,6$ cm (21,5 – 23,5 cm) para os filhotes, $80,0 \pm 13$ cm (56,5 – 108,5 cm) para juvenis e $164,6 \pm 19,0$ cm (136,0 – 198,0 cm) para adultos. As respectivas médias dos comprimentos rostro cloacais foi $10,9 \pm 0,3$ cm (10,2 – 11,4 cm), $37,8 \pm 6,1$ cm (27,0 – 49,0 cm) e $82,2 \pm 9,1$ cm (72,0 – 98,0 cm).

Variação discreta de nicho entre classes de tamanho foi encontrada usando o *framework* de teste de hipótese proposto por Hammerschlag-Peyer et al. (2011). As amplitudes de nichos calculados para cada classe etária por meio da SEA_B foram estatisticamente similares (juvenis - média: $2,89 \text{ } \%^2$, mediana: $2,81 \text{ } \%^2$, 95% Cr.I.: 1,85 a $4,11 \text{ } \%^2$; adultos - média: $2,63 \text{ } \%^2$, mediana: $2,43 \text{ } \%^2$, 95% Cr.I.: 1,22 a $4,73 \text{ } \%^2$; $p = 0,631$; Figura 1). Além disso, as posições do nicho isotópico foram significantemente diferentes

(distância euclidiana = 5,75; $p = 0,001$) com ausência de sobreposição entre as duas classes etárias (Figura 2).

As composições isotópicas foram significativamente diferentes entre as classes etárias (MANOVA: $F_{1,31} = 66,0$; $p < 0,001$). As ANOVAs indicaram que tanto o $\delta^{15}\text{N}$ quanto o $\delta^{13}\text{C}$ foram diferentes entre as classes etárias ($\delta^{15}\text{N}$: $F_{1,31} = 85,2$; $p < 0,001$; $\delta^{13}\text{C}$: $F_{1,31} = 115,3$; $p < 0,001$).

Padrão semelhante foi encontrado para o sexo considerando machos e fêmeas de juvenis e adultos, pois foi detectada diferença sexual das composições isotópicas (MANOVA: $F_{1,31} = 25,5$; $p < 0,001$), na qual, tanto o $\delta^{15}\text{N}$ quanto o $\delta^{13}\text{C}$ contribuíram de forma significativa ($\delta^{15}\text{N}$: $F_{1,31} = 72,2$; $p < 0,001$; $\delta^{13}\text{C}$: $F_{1,31} = 58,7$; $p < 0,001$). O teste *pos-hoc* ANOM detectou diferença sexual nos juvenis (Tabela 1).

Figura 1 - Estimativas das áreas das elipses Bayesianas (SEA_B) em juvenis e adultos de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural. Os pontos pretos correspondem à área média da SEA_B para cada grupo e as caixas sombreadas representam 50%, 75% e 95% dos intervalos de credibilidades do cinza escuro para o claro

Figura 2 - Divergência das elipses padrões entre juvenis (círculos brancos) e adultos (círculos pretos) no espaço $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{13}\text{C}$ de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural

Tabela 1 - Valores médios, desvios padrão, valores mínimos e máximos do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da unha em diferentes classes etárias e sexos de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural. Letras sobrescritas indicam similaridades e diferenças conforme evidenciado pelos testes ANOVA and ANOM

	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Juvenis	$-21,5 \pm 0,7^{\text{A}}$ (-22,5 – -19,2)	$2,6 \pm 1,3^{\text{A}}$ (1,0 – 5,3)
Adultos	$-18,1 \pm 0,6^{\text{B}}$ (-19,4 – -17,4)	$7,3 \pm 0,9^{\text{B}}$ (6,0 – 8,5)
Juvenis machos	$-21,8 \pm 0,4^{\text{A}}$ (-22,5 – -21,0)	$2,0 \pm 0,8^{\text{A}}$ (1,0 – 3,4)
Juvenis fêmeas	$-20,7 \pm 0,9^{\text{B}}$ (-21,7 – -19,2)	$4,2 \pm 0,9^{\text{B}}$ (3,1 – 5,3)
Adultos machos	$-18,0 \pm 0,9^{\text{C}}$ (-19,4 – -17,4)	$7,8 \pm 0,9^{\text{C}}$ (6,4 – 8,5)
Adultos fêmeas	$-18,3 \pm 0,3^{\text{C}}$ (-18,6 – -17,9)	$6,8 \pm 0,8^{\text{C}}$ (6,0 – 7,9)

Houve uma relação significativa entre as composições isotópicas e o SVL ($\delta^{15}\text{N}$: $F_{1,31} = 199,6$; $p < 0,001$; $r^2 = 0,86$; $\delta^{13}\text{C}$: $F_{1,31} = 100,1$; $p < 0,001$; $r^2 = 0,76$). Ocorreu também uma relação significativa entre $\delta^{15}\text{N}$ e SVL para machos juvenis ($F_{1,16} = 40,4$; $p < 0,001$; $r^2 = 0,73$), mas não para fêmeas ($F_{1,6} = 0,2$; $p = 0,650$; $r^2 = 0,04$; Figura 3). Além disso, não existe

relação entre $\delta^{13}\text{C}$ e SVL para juvenis de ambos os sexos (machos: $F_{1,16} = 2,6$; $p = 0,124$; $r^2 = 0,09$; fêmeas: $F_{1,6} = 1,6$; $p = 0,251$; $r^2 = 0,01$). SVL é uma covariável do sexo em juvenis considerando o $\delta^{15}\text{N}$ (ANCOVA: $F_{1,23} = 19,9$; $p < 0,001$), mas não considerando o $\delta^{13}\text{C}$ (ANCOVA: $F_{1,23} = 0,2$; $p = 0,649$).

As médias do $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ dos filhotes foram $5,6 \pm 0,1$ ‰ ($5,4 - 5,9$ ‰) e $-18,6 \pm 0,1$ ‰ ($-18,8 - -18,4$ ‰), respectivamente. Porém, filhotes não foram considerados nas análises já apresentadas, pois os indivíduos capturados pertencem a mesma ninhada, o que pode resultar em viés de amostragem devido a pseudorreplicação (HURLBERT, 1981).

Figura 3 – Relação entre as composições de isótopos estáveis das unhas ($\delta^{15}\text{N}$: gráfico A e $\delta^{13}\text{C}$: gráfico B) e comprimento rostro cloacal (SVL) de *Caiman latirostris* em paisagem silvicultural

5.4 Discussão

Crocodilianos são predadores de topo da cadeia trófica na maioria dos ambientes aquáticos continentais (THORBJARNARSON et al., 1998), sendo capazes de explorar uma ampla gama de recursos alimentares e ocupar uma grande variedade de habitats, como pântanos, várzeas, mangues, lagos, rios, córregos e açudes (MEDEM, 1983; POOLEY, 1992; THORBJARNARSON et al., 1998; BORTEIRO et al. 2006; VERDADE; PIÑA, 2006). *Caiman latirostris* segue este padrão ao apresentar uma extensa distribuição geográfica (VERDADE; PIÑA, 2006), na qual explora uma grande diversidade de presas, como insetos, aracnídeos, crustáceos, caramujos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (MELLO, 2002; BORTEIRO et al., 2009).

A diferença de nicho isotópico entre juvenis e adultos de *C. latirostris* pode ocorrer devido a diferenças ontogenéticas na dieta. Estes resultados corroboram com dados provenientes de estudos que utilizaram técnicas tradicionais de análise da dieta nesta espécie (MELLO, 2002; BORTEIRO et al., 2009) e em outras espécies de crocodilianos (MAGNUSSON et al., 1987; THORBJARNARSON; ROSS; ESPINOSA, 1993; TUCKER et al., 1996; DELANY; LINDA; MOORE., 1999), nos quais existe uma marcante mudança de importância dos itens na dieta (invertebrados para vertebrados) ao longo do desenvolvimento ontogenético. Este processo talvez cause o aumento progressivo nos valores das composições isotópicas conforme os indivíduos adquirem maior tamanho (Figura 3) e auxilie na redução da competição intraespecífica de nicho (BOLNICK et al., 2003).

O comportamento alimentar de crocodilianos geralmente é caracterizado pela ingestão de qualquer item alimentar que eles consigam capturar e engolir (GANS, 1969). Então, o grande crescimento na massa corpórea (1000x) de filhote (30 g) a adulto (50 kg) do *C. latirostris* deve causar um aumento na sua capacidade de ingerir presas maiores e consequentemente de níveis tróficos mais elevados. Este fato justificaria a diferença entre os

valores médios do $\delta^{15}\text{N}$ entre as classes etárias (4,7 ‰), visto que os valores da razão do isótopo de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) aumentam ao longo da cadeia trófica (base-topo; MINIWAGA; WADA, 1984).

As fontes de carbono da dieta também apresentam diferenças marcantes entre as classes etárias, evidenciando uma tendência de aumento da contribuição de plantas C_4 na dieta de juvenis para adultos. Plantas com ciclo fotossintético C_4 (e.g. gramíneas) detêm a característica de possuírem valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais elevados (-11 a -15 ‰) que plantas C_3 (e.g. arbóreas/arbustivas; $\delta^{13}\text{C}$: -24 a -38 ‰), por isso, é possível verificar a proporção do carbono oriundos destes tipos de plantas na dieta (MARTINELLI et al. 2009). A matriz da área de estudo é composta por silvicultura de eucalipto (C_3), mas no entorno dos corpos d'água amostrados predominam gramíneas (C_4). Os indivíduos adultos de *C. latirostris* apresentam $\delta^{13}\text{C}$ próximos a plantas C_4 provavelmente por explorarem mais itens alimentares oriundos destas gramíneas do entorno (e.g. roedores, anfíbios).

A diferença de nicho isotópico encontrado entre juvenis e adultos *C. latirostris* também pode ser consequência do uso distinto do habitat ou micro-habitat pelas classes etárias. As composições dos isótopos estáveis das cadeias tróficas variam espacialmente baseado em uma grande variedade de processos biogeoquímicos (HOBSON, 1999; ROSENBLATT; HEITAUS, 2011). Estudos recentes com crocodilianos estuarinos, *Crocodylus acutus* e *Alligator mississippiensis*, mostraram a importância de ambientes marinhos comparados a ambientes de água doce para estas espécies (ROSENBLATT; HEITAUS, 2011; WHEATLEY et al., 2012). *C. latirostris* também é encontrado em habitats estuarinos (GRIGG et al., 1998) e possivelmente estes dois ambientes são explorados pela espécie na busca pelos recursos necessários para sua sobrevivência. Entretanto, os animais deste estudo foram capturados nos mesmos ambientes que provavelmente possuem os

mesmos valores basais isotópicos. Neste contexto, o uso do espaço diferencial em escala de micro-habitat se mostra mais apropriado.

Outro aspecto que deve ser considerado na interpretação dos resultados é a possível diferença nos fatores de discriminação entre as classes etárias. O fator de discriminação pode ser definido como a diferença da composição isotópica entre o animal e sua dieta e se mostra importante para a interpretação de dados isotópicos (CAUT; ÂNGULO; COURCHAMP, 2009). O efeito da idade nos fatores de discriminação já foram registrados para diversos táxons como tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) (REICH; BJORNDAL; DEL RIO, 2008), para tartaruga verde (*Chelonia mydas*) (VANDER-ZADEN et al., 2012) e para a raposa vermelha (*Vulpes vulpes*) (ROTH; ROBSON, 2000). Entretanto, juvenis de *C. latirostris* não apresentaram diferença nos fatores de discriminação entre as classes etárias 1-2 anos e 2-4 anos no capítulo anterior, exceto para $\Delta^{13}\text{C}$ da unha. Estudos futuros devem focar entender o fator de discriminação entre juvenis e adultos da espécie.

O comportamento social dos crocodilianos também pode influenciar nos resultados deste estudo. Interações agressivas são geralmente relatadas em relação ao uso do espaço para *C. latirostris* (VERDADE, 1992) e outros crocodilianos (LANG, 1987). A hierarquia social pode limitar o acesso de indivíduos a determinados micro-habitats e consequentemente a recursos alimentares (HUCHZERMEYER, 2003).

C. latirostris apresenta um consistente dimorfismo sexual no formato e tamanho do crânio (VERDADE, 2003; PIÑA et al., 2007). Estas variações morfológicas entre os sexos poderiam resultar em variação intraespecífica de nicho (HEDRICK; TEMELES, 1989). No entanto, as diferenças sexuais encontradas nos juvenis deste estudo são possivelmente resultado do efeito de ninhada (VERDADE, 1997). O efeito de ninhada (não sexual) também pode ser responsável pela diferença do tamanho corpóreo entre machos e fêmeas juvenis, sendo os machos de uma ninhada e as fêmeas de outra. Uma relação complexa parece existir

entre habitat de nidificação (MONTINI et al., 2006), determinação do sexo pela temperatura (PIÑA et al., 2007) e taxa de crescimento (ABERCROMBIE; VERDADE, 2002) que por hipótese podem afetar o uso do habitat (FERRAZ et al., 2005) e o padrão de dispersão (MAGNUSSON, 1979) da espécie.

Neste contexto, o nicho isotópico pode ser afetado não somente pelo sexo do indivíduo, mas também pelos componentes genéticos e fenotípicos compartilhados pela ninhada, usualmente chamado de efeito de ninhada. Futuros estudos devem utilizar os marcadores moleculares desenvolvidos para a espécie (ZUCOLOTO; VERDADE; COUTINHO, 2002; ZUCOLOTO et al., 2006; 2009) para verificar o parentesco entre os indivíduos.

Os valores das razões isotópicas do nitrogênio e carbono dos filhotes (média $\delta^{15}\text{N}$: 5,6 ‰; média $\delta^{13}\text{C}$: -18,6 ‰) foram mais próximos aos valores das fêmeas adultas. Os recém-eclodidos capturados neste estudo estavam se deslocando do ninho para a lagoa e provavelmente ainda não haviam se alimentado. Filhotes de crocodilianos são capazes de viver algumas semanas utilizando as reservas de seus sacos vitelínicos, por isso, possivelmente refletem as composições isotópicas maternas (JENKINS et al., 2001).

A influência materna nas razões isotópicas dos filhotes já foi relatada para serpentes (PILGRIM, 2007) e tartarugas-marinhas (FRANKEL et al., 2012). Todavia, resultados deste estudo para os filhotes são baseados em indivíduos pertencentes à mesma ninhada (pseudorreplicações) tornando inviáveis conclusões apuradas, mas evidenciando a necessidade de estudos futuros que foquem entender esta relação para espécies de crocodilianos. O conhecimento dos valores das razões isotópicas dos filhotes pode ser utilizado para estimar os valores maternos em espécies de difícil captura (FRANKEL et al., 2012).

5.5 Conclusões

Os resultados deste estudo mostraram que juvenis e adultos de *C. latirostris* apresentam variação discreta de nicho isotópico no sentido de haver um aumento progressivo nos valores das composições isotópicas nitrogênio e carbono ao longo do desenvolvimento ontogenético. Estes resultados evidenciam a possível utilização diferencial dos itens alimentares ou ambientes com a finalidade de diminuir a competição intraespecífica por recursos.

Indivíduos adultos apresentam nível trófico mais elevado em comparação aos juvenis provavelmente devido ao seu maior tamanho corpóreo possibilitar a exploração de itens alimentares de diversos níveis da cadeia trófica. Além disso, a composição isotópica do carbono mostra a grande contribuição de plantas C_4 como fonte basal na dieta dos crocodilianos, contrariando o esperado para uma área de estudo onde a matriz é composta por silvicultura de eucalipto (C_3). Estes resultados mostram que o entorno dos corpos d'água amostrados onde predominam gramíneas (C_4) exercem forte influência na dieta do *C. latirostris*. Portanto, as normas do código florestal em relação à manutenção de Área de Preservação Permanente (APP) no entorno de corpos d'água devem ser seguidas visando à conservação da espécie.

A variação sexual do nicho isotópico nos juvenis deve ser melhor avaliada com a realização de estudos de biologia molecular para checar as relações de parentesco entre os indivíduos. Estudos futuros devem priorizar a avaliação do nicho isotópico ao longo do desenvolvimento da cultura do eucalipto visando verificar o efeito da matriz sobre a exploração dos recursos necessários a sua sobrevivência. Além disso, se mostra interessante a condução de pesquisas com o intuito de avaliar a contribuição dos diferentes recursos alimentares na dieta deste crocodiliano. O nicho isotópico do jacaré-de-papo-amarelo também

deve ser avaliado em outros agroecossistemas (e.g. cana-de-açúcar, pastagem) para a melhor compreensão das estratégias que a espécie utiliza para sobreviver nestes ambientes.

Referências

- ABERCROMBIE, C.L.; VERDADE, L.M. A análise do crescimento em crocodilianos. In: VERDADE, L.M.; LARRIERA, A. (Eds.). **La conservación y El manejo de caimanes y cocodrilos de América Latina**. Piracicaba: CN Editoria, 2002. v. 2 p. 1-20.
- ALLSTEAD, J.; LANG, J.W. Sexual dimorphism in the genital morphology of young American alligators, *Alligator mississippiensis*. **Herpetologica**, Lawrence, v. 51, p. 314-325, 1995.
- BOLNICK, D.I.; AMARASEKARE, P.; ARAÚJO, M.S.; BÜRGER, R.; LEVINE, J.M.; NOVAK, M.; RUDOLF, V.H.W.; SCHREIBER, S.J.; URBAN, M.C.; VASSEUR, D. Why intraspecific trait variation matters in community ecology. **Trends in Ecology & Evolution**, London, v. 26, p. 183-192, 2011.
- BOLNICK, D.I.; SVANBACK, R.; FORDYCE, J.A.; YANG, L.H.; DAVIS, J.M.; HULSEY, C.D.; FORISTER, M.L. The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization. **American Naturalist**, Manhattan, v. 161, p. 1-28, 2003.
- BOLTON, M. La explotación del cocodrilo en cautividad. **Guía FAO Conservación**. Roma, 1994. v. 22 p. 156.
- BORTEIRO, C.; PRIGIONI, C.; GARCIA, J.E.; TEDROS, M.; GUTIÉRREZ, F.; KOLENC F. Geographic distribution and conservation status of *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae) in Uruguay. **Phyllomedusa**, Belo Horizonte, v. 5, p. 97-108, 2006.
- BORTEIRO, C.; GUTIÉRREZ, F.; TEDROSA, M.; KOLENC, F. Food habits of the Broad-snouted Caiman (*Caiman latirostris*: Crocodylia, Alligatoridae) in northwestern Uruguay. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, Amsterdam, v. 44, p. 31-36, 2009.
- BULTÉ, G.; GRAVEL, M.A.; BLOUIN-DEMERS, G. Intersexual niche divergence in northern map turtles (*Graptemys geographica*): the roles of diet and habitat. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 86, p. 1235-1243, 2008.
- CAUT, S.; ANGULO, E.; COURCHAMP, F. Variation in discrimination factors ($\Delta^{15}\text{N}$ and $\Delta^{13}\text{C}$): the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 46, p. 443-453, 2009.
- CHABRECK, R. 1963. Methods of capturing, marking and sexing alligators. In: **Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners**. Columbia, v. 17, p. 45-50, 1963.
- DALERUM, F.; ANGERBJÖRN, A. Resolving temporal variation in vertebrate diets using naturally occurring stable isotopes. **Oecologia**, Berlin, v. 144, p. 647-658, 2005.

DELANY, M.F.; LINDA, S.B.; MOORE, C.T. Diet and condition of American Alligators in 4 Florida lakes. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE SOUTHEAST ASSOCIATION OF FISH AND WILDLIFE AGENCIES, 21., 1999. Baton Rouge. **Proceedings...** Baton Rouge: SAFWA, 1999. p. 220-222.

DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 42, p. 495–506, 1978.

DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 45, p. 341–351, 1981.

ETHIER, D.M.; KYLE, C.J.; KYSER, T.K.; NOCERA, J.J. Variability in the growth patterns of the cornified claw sheath among vertebrates: Implications for using biogeochemistry to study animal movement. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 88, p. 1043-1051, 2010.

FERRAZ, S.F.B.; VILLAÇA, A.M.; VETTORAZZI, C.A.; GERHARD, P.; FERRAZ, K.M.P.M.B.; VERDADE, L.M. Uso de imagens CBERS2 (sensor ccd) para identificação de habitats aquáticos de crocodilianos no reservatório da Usina Luiz Eduardo Magalhães, Tocantins. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005. São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. p. 937-944.

FORERO, M.G.; HOBSON, K.A.; BORTOLOTTI, G.R.; DONAZAR, J.A.; BERTELLOTTI, M.; BLANCO, G. Food resource utilization by the megellanic penguin evaluated through stable-isotope analysis: segregation by sex and age and influence on offspring quality. **Marine Ecology Progress Series**, Halstenbek, v. 234, p. 289-299, 2002.

FORERO, M.G.; GONZALEZ-SOLIS, J.; HOBSON, K.A.; DONAZAR, J.A.; BERTELLOTTI, M.; BLANCO, G.; BORTOLOTTI, G.R. Stable isotopes reveal trophic segregation by sex and age in the southern giant petrel in two different food webs. **Marine Ecology Progress Series**, Halstenbek, v. 296, p. 107-113, 2005.

FRANKEL, N.S.; VANDER ZANDEN, H.B.; REICH, K.J.; WILLIAMS, K.L.; BJORNDALE, K.A. Mother-offspring stable isotope discrimination in loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. **Endangered Species Research**, Oldendorf/Luhe, v. 17, p. 133-138, 2012.

FRY, B. **Stable Isotope Ecology**. New York: Springer Science & Business Media, USA, 2006. 298p.

GANS, C. Comments on inertial feeding. **Copeia**, New York, v. 19, p. 855-857, 1969.

GRIGG, G.C.; BEARD, L.A.; MOULTON, T.; MELLO, M.T.Q.; TAPLIN, L.E. Osmoregulation by the broad-snouted caiman, *Caiman latirostris*, in estuarine habitat in southern Brazil. **Journal of Comparative Physiology B**, Berlin, v. 168, p. 445-452, 1998.

HAMMERSCHLAG-PEYER, C.M.; YEAGER, L.A.; ARAÚJO, M.S.; LAYMAN, C.A. A hypothesis-testing framework for studies investigating ontogenetic niche shifts using stable isotope ratios. **Plos One**, San Francisco, v. 6, p. e27104, 2011.

- HATASE, H.; TAKAI, N.; MATSUZAWA, Y.; SAKAMOTO, W.; OMUTO, K.; GOTO, K.; ARAI, N.; FUJIWARA, T. Size-related differences in feeding habitat use of adult Female loggerhead turtles *Caretta caretta* around Japan determined by stable isotope analyses and satellite telemetry. **Marine Ecology Progress Series**, Halstenbek, v. 233, p. 273-281, 2002.
- HENTSCHEL, T.B. Intraspecific variation in $\delta^{13}\text{C}$ indicates ontogenetic diet changes in deposit-feeding polychaetes. **Ecology**, Washington, v. 79, p. 1357-1370, 1998.
- HEDRICK, A.V.; TEMELES, E.J. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. **Trends in Ecology and Evolution**, London, v. 4, p. 136-138, 1989.
- HOBSON, K.A. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. **Oecologia**, Berlin, v. 120, p. 314-326, 1999.
- HOUSTON, D.; SHINE, R. Sexual dimorphism and niche divergence: feeding habitats of the Arafura filesnake. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 62, p. 737-748, 1993.
- HUCHZERMEYER, F.W. **Crocodiles: Biology, Husbandry and Diseases**. Wallingford: CABI Publishing, 2003. 337p.
- HUTCHINSON, R.E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, Cold Spring Harbor, New York, v. 22, p. 415-427, 1957.
- HURLBERT, S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monographs**, Durham, v. 54, p. 187-211, 1981.
- HUTTON, J.M.; LOVERIDGE, J.P.; BLAKE, D.K. Capture methods for the Nile crocodile in Zimbabwe. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987. p. 211-216.
- JACKSON, A.L.; INGER, R.I.; PARNELL, A.C.; BEARSHOP, S. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER – Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 80, p. 595-602, 2011.
- JENKINS, S.G.; PARTRIDGE, S.T.; STEPHENSON, T.R.; FARLEY, S.D.; ROBBINS, C.T. Nitrogen and carbon isotope fractionation between mothers, neonates, and nursing offspring. **Oecologia**, Berlin, v. 129, p. 336-341, 2001.
- KAWANISHI, K.; LIANG, S.H.N.; DARIMONT, C.; REIMCHEN, T.E.; SUNQUIST, M.E. Isotopic niche differentiation among mammals from a rainforest in peninsular Malaysia. **The Raffles Bulletin of Zoology**, Singapore, v. 60, p. 233-239, 2012.
- KNOFF, A.; HOHN, A.; MACKO, S.A. Ontogenetic diet changes in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) reflected through stable isotopes. **Marine Mammal Science**, Lawrence, v. 24, p. 128-137, 2008.
- LANG, J.W. Crocodilian behavior: implications for management. In: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C.; WHITEHEAD, P.J. (Ed.). **Wildlife Management: Crocodiles and Alligators**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1987. p. 273-294.

- LAYMAN, C.A.; ARRINGTON, D.A.; MONTAÑA, C.G.; POST, D.M. Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure? **Ecology**, Washington, v. 88, p. 42-48, 2007a.
- LAYMAN, C.A.; QUATTROCHI, J.P.; PEYER, C.M.; ALLGEIER, J.E. Niche width collapse in a resilient top predator following ecosystem fragmentation. **Ecology Letters**, Montpellier, v. 10, p. 937-944, 2007b.
- LARRIERA, A.; SIROSKI, P.; PIÑA, C.I.; IMHOF, A. Sexual maturity of farm-released *Caiman latirostris* (Crocodylia: Alligatoridae) in the wild. **Herpetological Review**, Utah, v.37, p. 26-28, 2006.
- LISBOA, M.A.M.. **A política dos coronéis e a difusão do ensino primário em Angatuba/SP (1870-1930)**. 2008. 204 p. Tese (Doutorado em Educação) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- MAGNUSSON, W.E. Dispersal of Hatchling Crocodiles (*Crocodylus porosus*) (Reptilia: Crocodylidae). **Journal of Herpetology**, Athens, v. 13, p. 227-231, 1979.
- MAGNUSSON, W.E.; SILVA, E.V.; LIMA, A.P. Diets of amazonian crocodilians. **Journal of Herpetology**, Columbus, v. 21, p. 85-95, 1987.
- MARTINELLI, L.A.; OMETTO, J.P.H.B.; FERRAZ, E.S.; VICTORIA, R.L.; CAMARGO, P.B.; MOREIRA, M.Z. Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis. São Paulo: Oficina de Textos. 2009.
- MEDEM, F. **Los Crocodylia de Sur America**. Bogotá: Colciencias, 1983. v. 2. p. 270.
- MELO, M.T.Q. Dieta do *Caiman latirostris* no sul do Brasil. In: VERDADE, L.M.; LARRIERA A. (Ed.). **Conservação e manejo jacarés e crocodilos da América Latina**. Piracicaba: C.N. Editoria, 2002. p. 116-125.
- MINAGAWA, M.; WADA, E. Step-wise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\Delta^{15}\text{N}$ and animal age. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, NewYork, v. 48, p. 1135-1140, 1984.
- MONTINI, J.P.; PIÑA, C.I.; LARRIERA, A.; SIROSKI, P.; VERDADE, L.M. The Relationship between nesting habitat and hatching success in *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae). **Phyllomedusa**, Belo Horizonte, v. 5, p. 91-96, 2006.
- MORIN, P. Competition: Mechanisms, Models, and Niches. In: WILEY-BLACKWELL **Community Ecology**, 2011. p. 25-55.
- NEWSOME, S.D.; DEL RIO, C.M.; BEARHOP, S.; PHILLIPS, D.L. A niche for isotopic ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 5, p. 429-436, 2007.
- NEWSOME, S.D.; ETNIER, M.A.; MONSON, D.H.; FOGEL, M.L. Retrospective characterization of ontogenetic shifts in killer whale diets via $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis of teeth. **Marine Ecology Progress Series**, Halstenbek, v. 374, p. 229-242, 2009.

PARNELL, A.C.; INGER, R.; BEARHOP, S.; JACKSON, A.L. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. **Plos One**, San Francisco, v. 5, p. e9672, 2010.

PETERSON, B.J.; FRY, B. Stable isotopes in ecoystem studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 293-320, 1987.

PILGRIM, M.A. Expression of maternal isotopes in offspring: implications for interpreting ontogenetic shifts in isotopic composition of consumers. **Isotopes in Environmental and Health Studies**, London, v. 43, p. 155-166, 2007.

PIÑA, C.I.; LARRIERA, A.; SIROSKI, P.; VERDADE, L.M. Cranial sexual discrimination in hatchling broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Iheringia**, Porto Alegre, v. 97, p. 17-20, 2007.

POOLEY, A.C. Dieta y hábitos alimentarios. In: ROSS, C.A.; GARNETT, S. (Ed.) **Cocodrilos y caimanes**. Barcelona: Encuentro Editorial, 1992. p. 76-91.

POLIS, G.A. Age structure component of niche width and intraspecific resource partitioning - can age-groups function as ecological species. **American Naturalist**, Manhattan, v. 123, p. 541-564, 1984.

QUEVEDO, M.; SVANBACK, R.; EKLOV, P. Intrapopulation niche partitioning in a generalist predator limits food web connectivity. **Ecology**, Washington, v. 90, p. 2263-2274, 2009.

RADLOFF, F.G.T.; HOBSON, K.A.; LESLIE, A.J. Characterising ontogenetic niche shifts in Nile crocodile using stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) analyses of scute keratin. **Isotopes in Environmental and Health Studies**, London, v. 48, p. 439-456, 2012.

R CORE TEAM 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 out. 2012.

REICH, K.J.; BJORNDALE, K.A.; DEL RIO, K.M. Effects of growth and tissue type on the kinetics of ^{13}C and ^{15}N incorporation in a rapidly growing ectotherm. **Oecologia**, Berlin, v. 155, p. 651-663, 2008.

RICKLEFS, R.E. **The Economy of Nature**. 6th ed. W.H. Freeman, 2008. 700p.

ROSA, I.; CANAVERO, A.; MANEYRO, R.; CAMARGO, A. Trophic Niche Variation and Individual Specialization in *Hypsiboas pulchellus* (Duméril and Bibron, 1841) (Anura, Hylidae) from Uruguay. **South American Journal of Herpetology**, São Paulo, v. 6, p. 98-106, 2011.

_____. Does variation in movement tactics and trophic interactions among american alligators create habitat linkages? **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 80, p. 786-798, 2011.

ROTH, J.D.; ROBSON, K.A. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissue of captive red fox: implications for dietary reconstruction. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 78, p. 848-852, 2000.

- SHINE, R. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. **Quarterly Review of Biology**, Chicago, v. 64, p. 419-461, 1989.
- THORBJARNARSON, J.B. Diet of the Spectacled Caiman (*Caiman crocodilus*) in the Central Venezuelan Llanos. **Herpetologica**, Lawrence, v. 49, p. 108-117, 1993.
- THORBJARNARSON, J.B.; ROSS, J.P.; ESPINOSA, E. **Crocodiles: An Action Plan for Their Conservation**. Gland: IUCN/. SSC Crocodile Specialist Group. 1998.
- TUCKER, A.D.; LIMPUS, C.J.; McCALLUM, H.I.; McDONALD, K.R. Ontogenetic dietary partitioning by *Crocodylus johnstoni* during the dry season. **Copeia**, Nova York, v. 1996, p. 978-988, 1996.
- TURNER, T.F.; COLLYER, M.L.; KRABBENHOFT, T.J. A general hypothesis-testing framework for stable isotope ratios in ecological studies. **Ecology**, Washington, v. 91, p. 2227-2233, 2010.
- VANDER-ZANDEN, H.B.; BJORNDAL, K.A.; MUSTIN, W.; PONCIANO, J.M.; BOLTEN, A.B. Inherent Variation in Stable Isotope Values and Discrimination Factors in Two Life Stages of Green Turtles. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 85, p. 431-441, 2012.
- VERDADE, L.M. Agonistic social behavior of broad-nosed Caiman (*Caiman latirostris*) in captivity: implications to reproductive management. In: WORKING MEETING OF THE IUCN-SSC CROCODILE SPECIALIST GROUP. IUCN, 11., 1992. Gland. **Proceedings** ...Gland, 1992, v. 2, p. 200- 217.
- _____. **Morphometric analysis of the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*): an assessment of individuals' clutch, body size, sex, age, and area of origin**. 1997. 344p. Tese (Doutorado em Wildlife Ecology and Conservation) - University of Florida, Gainesville, 1997.
- _____. Regression equations between body and head measurements in the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 469-482, 2000.
- _____. Cranial sexual dimorphism in captive adult broad-snouted-caiman (*Caiman latirostris*). **Amphibia-Reptilia**, Boston, v. 24, p. 92-99, 2003.
- VERDADE, L.M.; PIÑA, C.I. *Caiman latirostris*. **Catalog of the American Society of Amphibians and Reptiles**, Bethesda, v. 833, p. 1-21, 2006.
- WERNER, E.E.; GILLIAM, J.F. The ontogenetic niche and species interactions in size structured populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 15, p. 393-425, 1984.
- WILLSON, J.D.; WINNE, C.T.; PILGRIM, M.A.; ROMANEK, C.S.; GIBBONS, J.W. Seasonal variation in terrestrial resource subsidies influences trophic niche width and overlap in two aquatic snake species: a stable isotope approach. **Oikos**, Sweden, v. 119, p. 1161-1171, 2010.

WHEATLEY, P.V.; PECKHAM, H.; NEWSOME, S.D.; KOCH, P.L. Estimating marine resource use by the American crocodile *Crocodylus acutus* in southern Florida, USA. **Marine Ecology Progress Series**, Halstenbek, v. 447, p.211-229, 2012.

ZUCOLOTO, R.B.; VERDADE, L.M.; COUTINHO, L.L. DNA microsatellite library for the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). **Journal of Experimental Zoology**, Hoboken, v. 294, p. 346-351, 2002.

ZUCOLOTO, R.B.; VILLELA, P.M.S.; VERDADE, L.M.; COUTINHO, L.L. Interspecific transference of microsatellite markers in South American Caimans (*Caiman* spp and *Paleosuchus palpebrosus*). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 29, p.75-78, 2006.

ZUCOLOTO, R.B.; VERDADE, L.M.; VILLELA, P.M.S.; REGITANO, L.C.A.; COUTINHO, L.L. Parentage test in broad-snouted caimans (*Caiman latirostris*, Alligatoridae) using microsatellite DNA. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 32, p. 874-881, 2009.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta tese foram investigados diversos aspectos da biologia do jacaré-de-papo-amarelo em paisagem silvicultural visando suprir parcialmente a demanda por estudos tentando compreender as estratégias que a espécie utiliza para sobreviver em ambientes alterados. Os resultados deste estudo evidenciam que a área de estudo suporta uma densidade populacional intermediária na comparação com outras populações em diferentes condições ambientais, além da matriz de eucalipto ser permeável ao deslocamento da espécie que usa diversos corpos d'água dentro da sua área de vida na busca por recursos. A utilização diferencial de recursos alimentares ou ambientes visando diminuir a competição intraespecífica possivelmente levou a diferenças nos nichos isotópicos entre as classes etárias que deve ser considerada em planos de manejo e conservação da espécie. Plantas com ciclo fotossintético C₄ (e.g. gramíneas) do entorno dos corpos d'água aumentam sua contribuição como fonte basal de carbono na dieta ao longo do desenvolvimento ontogenético. Estes resultados mostram que o entorno dos corpos d'água exercem forte influência na dieta do jacaré-de-papo-amarelo. Portanto, as normas do código florestal em relação à manutenção de Área de Preservação Permanente (APP) no entorno de corpos d'água devem ser seguidas visando à conservação da espécie. Além disso, os fatores de discriminação determinados neste estudo para o jacaré-de-papo-amarelo fornecem base teórica para ser empregada na interpretação de dados isotópicos em futuros estudos com a espécie.

Estudos futuros devem ser conduzidos para tentar elucidar como alterações no uso da terra durante o manejo da silvicultura de eucalipto pode afetar a população de jacaré-de-papo-amarelo, neste sentido, estudos de longa duração em ambientes antrópicos devem servir de base para o processo de tomada de decisões quanto ao manejo da espécie. Esforços também devem ser concentrados no entendimento das relações de parentesco e estruturação genética nestes ambientes.

Estudos futuros também devem priorizar verificar a relação das linhas de plantio dos eucaliptos e deslocamento de crocodilianos visando propor práticas de manejo que possam favorecer a movimentação destas espécies, além de avaliar a contribuição dos diferentes recursos alimentares na dieta deste crocodiliano. O levantamento do status e distribuição do jacaré de papo amarelo em outros tipos de ambientes antrópicos (e.g. matriz de pastagem ou cana-de-açúcar) também deve ser priorizado. Tais estudos podem auxiliar na elucidação de questões sobre a influência dos ambientes na biologia da espécie e fornecer bases mais sólidas para a conservação da espécie em paisagens alteradas.