



**Programa de Pós Graduação em Ecologia e
Conservação**

Instituto de Biociências
Universidade Federal de Mato Grosso
Do Sul

**Dinâmica populacional do cágado-de-barbicha
(*Phrynops geoffroanus*; Chelidae) em área urbana**

Larissa Lopes Seino



Campo Grande
abril 2021

**Dinâmica populacional do cágado-de-barbicha (*Phrynops
geoffroanus*; Chelidae) em área urbana**

Larissa Lopes Seino

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Ecologia**, pelo Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador: Franco Leandro de Souza

Co-orientador: Luiz Gustavo Rodrigues
Oliveira Santos

Banca avaliadora

Dr.
[endereço institucional]

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a minha família, em especial a minha mãe Rosana e meu irmão Eduardo. Muito obrigada por todo apoio durante essa jornada, por sempre acreditarem em mim e por todo amor. Aos meus amigos de Penápolis e Campo Grande, pelo apoio e companheirismo de sempre, vocês foram muito importantes em todo esse processo.

Agradeço o meu orientador Prof^o Franco por acompanhar e colaborar com a produção desse trabalho e meu co-orientador Prof^o Luiz Gustavo, que me orienta desde a graduação. Agradeço a Márcia Marrie, por ter me ensinado o passo a passo do desenvolvimento desse trabalho desde o início. À Júlia Vasconcelos, que foi minha parceira de trabalho com os câgados, muito obrigada pela ajuda e companheirismo. Agradeço também a todos (as) do LAMPE que participaram dos campos, colaboraram com o desenvolvimento desse trabalho, pela companhia, conversas e descontrações. Agradeço a banca por aceitar meu convite e fazer parte desse momento. Por fim, agradeço ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação pela oportunidade e ao CNPq pela bolsa concedida durante todo o mestrado, que tornou possível a realização desse trabalho.

Índice

Resumo	6
Abstract	7
Introdução	8
Métodos	11
<i>Área de estudo</i>	11
<i>Espécie de estudo</i>	14
<i>Captura, biometria e monitoramento</i>	15
<i>Estimativa de sobrevivência aparente e abundância</i>	19
Resultados	20
Discussão	28
Literatura citada	32

Resumo

A abundância e a sobrevivência são parâmetros que trazem informações importantes sobre aspectos demográficos e permitem estimar as variações e a viabilidade de uma população. Fatores bióticos e abióticos podem influenciar a sobrevivência de uma população, como o sexo, a faixa etária e a sazonalidade do ambiente. Sobrevivência aparente é um conceito que estima a proporção dos indivíduos sem distinguir mortalidade e emigração. O objetivo do trabalho foi verificar se sexo, peso e/ou sazonalidade afetam a sobrevivência aparente de *Phrynops geoffroanus* (Chelidae) e estimar a abundância da população em uma área urbana. Foi utilizado o método de captura-marcação-recaptura com covos ao longo de 185 metros de rio em duas estações (seca e chuvosa) de 2015 a 2020. O modelo robusto de “Huggins Full Heterogeneity” foi usado para estimar a capturabilidade, a sobrevivência aparente e a abundância populacional. Foram capturados 131 indivíduos. A sobrevivência aparente foi menor para machos, principalmente na transição da estação chuvosa para a seca. O efeito do peso, uma proxy para idade, mostrou estabilidade e alta sobrevivência aparente para os indivíduos menores e diferiu entre sexos com machos diminuindo sua sobrevivência aparente quando mais velhos. A abundância oscilou em torno de 38 indivíduos, sem desvio sexual. Dada à alta expectativa de vida da espécie (aproximadamente 70 anos), podemos deduzir que os indivíduos, na maior parte, saiam da população por emigração. Sendo assim, a diferença na sobrevivência de machos e fêmeas pode ser decorrente aos comportamentos dispersivos durante o período reprodutivo, uma vez que fêmeas buscam ambiente para a nidificação, enquanto machos se distribuem em busca de parceiras sexuais. A maior dispersão dos machos durante o período chuvoso coincide com o período de acasalamento, além do aumento das áreas alagadas. A alta sobrevivência dos juvenis pode ser uma evidência que o ambiente é favorável para a espécie, com recursos para a residência das fêmeas e filhotes.

Palavras-chave: Sobrevivência aparente; capturabilidade; abundância; sazonalidade; Chelidae.

Abstract

Abundance and survival are parameters that bring important information about demographic aspects and allow, for example, to estimate the variations and the viability of a population in the long term. Biotic and abiotic factors can influence the survival of a population, such as sex, age and the seasonality of the environment. Apparent survival is a concept that estimates the proportion of individuals without distinguishing between mortality and emigration. The objective of the work was to verify if sex, weight and seasonality affects the apparent survival of *Phrynops geoffroanus* (Chelidae) and to estimate the abundance in an urban area. A mark-recapture data was collected using hoop traps along 185 meters of river in two seasons (dry and rainy) from 2015 to 2020. The robust model of “Huggins Full Heterogeneity” was used to estimate the capturability, the survival apparent and population abundance. During the study, 131 individuals were captured (54 females and 77 males). Apparent survival was lower for males, mainly in the transition from the rainy season to the dry season. The effect of weight, a proxy for age, showed stability and high apparent survival for smaller individuals (young) and differed between sexes with males decreasing their apparent survival when older. The population's abundance is about 38 individuals, with no evidence of sex bias. Given the high longevity of the species (around 70 years), we can deduce that individuals, for the most part, leave the population through emigration. Thus, the difference in the survival of males and females may be due to the different dispersive behaviors during the reproductive period, since females seek an environment for nesting, while males are distributed in search of sexual partners. The greater dispersion of males during the rainy season coincides with the mating period of the species, in addition to the greater availability of wetlands. The high survival of juveniles can be evidence that the environment is favorable for the species, having the necessary resources for the residence of the females and juveniles.

Keywords: Apparent survival; capturability; abundance; seasonality; Chelidae.

Introdução

A abundância é um dos principais parâmetros estudados na ecologia e refere-se ao número total de indivíduos de uma população (Begon et al. 2007). Com base no monitoramento desse parâmetro é possível identificar se uma população está em processo de aumento ou se o número de indivíduos está diminuindo com o tempo. Dados de aumento e retração populacional são fundamentais para o manejo das espécies e possibilita a identificação de populações que estão sob risco de extinção (Collen et al. 2016). Dada à importância que o monitoramento de parâmetros populacionais desempenha na conservação das espécies, consideramos importante estudar a abundância das populações.

Além da abundância, a sobrevivência é um parâmetro que traz informações importantes sobre a dinâmica populacional. A sobrevivência de uma população é uma das principais características da história de vida dos organismos (Gibbons & Semlitsch 1982), visto que fornece conhecimento sobre os atributos biológicos de cada espécie, permitindo, por exemplo, estimar a viabilidade de uma população a longo prazo (Shine & Iverson 1995). Através desse conhecimento, é possível desenvolver, com maior eficiência, estratégias de manejo e conservação de espécies ameaçadas (Goldstein et al. 2017). A sobrevivência é a proporção dos indivíduos nascidos que permanecem vivos num dado intervalo de tempo (Ricklefs 1996). Dessa forma, é diretamente influenciada pela mortalidade, que diminui o tamanho da população. Porém, é difícil diferenciar mortalidade e emigração durante um estudo populacional, pois exige o monitoramento contínuo de cada indivíduo. Decorrente dessa dificuldade, foi definido o conceito de sobrevivência aparente, que estima a proporção dos indivíduos que permanecem na população, sem distinguir mortalidade e emigração (Tuberville et al. 2008). Apesar de não identificar com exatidão o destino do indivíduo, o conceito de sobrevivência aparente permite avaliar um parâmetro fundamental para a população com maior facilidade, tornando-o extremamente útil no monitoramento das

espécies (Tuberville et al. 2008, Wood et al. 2017, Lee 2018, McKee et al. 2021). Além disso, para espécies longevas que apresentam baixa taxa de mortalidade, principalmente para os adultos, é possível deduzir e considerar que o principal fator que impacta a sobrevivência aparente da população seja a emigração dos indivíduos.

Diversos fatores bióticos e abióticos podem influenciar a sobrevivência de uma população. Entre os fatores bióticos, o sexo e a faixa etária dos indivíduos são os fatores relevantes (Noroalintseheno_Lalarivoniaina et al. 2019). Dimorfismo sexual (López-Rull et al. 2015) ou diferenças comportamentais (Bañuelos et al. 2019) podem ser a causa da diferença da sobrevivência entre indivíduos de sexo diferentes. Indivíduos maiores, usualmente mais velhos, tendem a apresentar maior resiliência a eventos de estresse ao mesmo tempo que necessitam de maior quantidade de recursos (Gownaris & Boersma 2019), enquanto animais que dispersam com maior frequência estão mais expostos a riscos (Owen-Jones et al. 2015).

Entre os fatores abióticos, a sazonalidade do ambiente é um dos fatores que mais pode influenciar na sobrevivência dos indivíduos (Bardier et al. 2018). Variações sazonais no ambiente, como o regime de chuva e seca, podem influenciar diretamente uma população, principalmente àquelas espécies diretamente ligadas à água como as tartarugas de água doce. Por exemplo, indivíduos de *Emys orbicularis* aumentam as movimentações entre lagoas durante a seca (Serrano et al. 2019). Ademais, a sazonalidade pode influenciar a sobrevivência de uma população, como é o caso de *Actinemys marmorata*, que decaiu sua sobrevivência com o aumento da seca registrada na Califórnia (Purcell et al. 2017). Outro fator que impacta a sobrevivência é a perda e degradação do habitat, principalmente naquelas inseridas no meio urbano (Hamer et al. 2018). Áreas de proteção e remanescentes de vegetação natural no ambiente urbano são essenciais para a ocorrência de muitas espécies, por fornecer recursos fundamentais para o desenvolvimento dos indivíduos e manutenção da população (Santoro et al. 2020).

Uma espécie comum em rios urbanos do Brasil é o cágado-de-barbicha (*Phrynops geoffroanus*), que parece ser residente em ambientes degradados por exibir plasticidade na dieta e se beneficiar da ausência de predadores naturais (Souza & Abe 2000, Martins et al. 2010). Dois fatos motivam o estudo desta espécie em habitats urbanos. O primeiro é que sua abundância e longevidade a torna um modelo útil no estudo da sobrevivência e dinâmica populacional. Além disso, quelônios são um dos grupos mais ameaçados de extinção em decorrência do seu crescimento lento e das pressões antrópicas (Stanford et al. 2020).

A ampla disponibilidade de recursos, ausência de predadores e disponibilidade de áreas de nidificação garantem alta abundância de indivíduos em uma população de cágados (Souza & Abe 2000). Os meses chuvosos coincidem com o período de acasalamento do cágado-de-barbicha (Molina 1996), onde os machos dispersam em busca do maior número de encontros com fêmeas. Além disso, a maior concentração de chuvas provoca um aumento da área alagada dos córregos urbanos. Conseqüentemente, o período chuvoso parece favorecer o deslocamento dos machos, que estimulados pela reprodução, podem utilizar-se da maior disponibilidade de áreas alagadas para dispersarem. Podemos esperar que os filhotes do cágado-de-barbicha permaneçam em áreas com refúgios e alimento em abundância (Micheli-Campbell et al. 2013). O objetivo do trabalho foi estimar a abundância e a sobrevivência aparente de uma população de *P. geoffroanus*, em uma área urbana. Mais especificamente, verificar quais fatores individuais (sexo e peso) e/ou ambientais (sazonalidade) afetam a sobrevivência dos indivíduos. Com base em estudos prévios e experiência local, esperamos que a população mantenha a abundância com pouca flutuação e a sobrevivência aparente seja maior para as fêmeas e juvenis. Esperamos também que a sobrevivência aparente decaia após o período de chuvas intensas.

Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no município de Campo Grande, Brasil. A cidade, de aproximadamente 800,000 habitantes, possui classificação de clima tropical tipo Aw (Köppen 1948), caracterizado por inverno seco e verão úmido. Os meses de abril a setembro compõem a estação seca e apresentaram temperatura média máxima de 29,8°C, média mínima de 17,8°C e pluviosidade média de 60,3 mm. Enquanto de outubro a março é definido como estação chuvosa com temperatura média máxima de 32,4°C, mínima de 21,1°C e pluviosidade média de 136,5 mm.

A reserva possui cerca de 70 hectares de área total composta por remanescente de Cerrado e Cerradão (Oliveira & Sigrist 2008) e seu arredor é majoritariamente composto por construções e rodovias. Dois córregos (Cabaça e Bandeira) adentram a reserva em pontos opostos, se unem em um reservatório denominado Lago do Amor de onde o córrego Bandeira segue seu curso saindo da RPPN por meio de um sistema de vazante. O local de amostragem foi um trecho de 185 metros do córrego Cabaça (Figura 1), na porção norte da RPPN, em que seu entorno é caracterizado por vegetação densa e mata de galeria com espécies frutíferas como jamelão (*Syzygium cumini*), ingá-branco (*Inga laurina*) e buriti (*Mauritia flexuosa*). O córrego entra na reserva por meio de canalização que combinam águas do rio à montante com drenagem urbana de água pluvial. Esses canos formam uma queda d'água de cerca de dois metros, gerando um poço com a maior largura e profundidade observada no trecho estudado, local onde os cágados-de-barbicha são identificados com maior frequência. A largura e profundidade são variáveis ao longo da área, com dimensões de 1 a 5 metros e 0,1 a 3 metros, respectivamente. Ambas as medidas apresentam grande variação em períodos de chuva, em decorrência da alta vazão gerada pela canalização do córrego, capaz de aumentar sua

profundidade em alguns metros além de formar fortes enxurradas. O tipo de substrato presente na área é composto principalmente por pedras, argila e areia, sendo os dois primeiros em maior abundância. A margem do córrego possui trechos de solo exposto e aglomerados de pedras que permitem os cágados-de-barbicha assoalharem. Além das características naturais, a área estudada possui um grande impacto antrópico proveniente de efluentes e lixo urbano além da entrada de efluentes contendo substâncias como diesel, sabão e matéria orgânica.

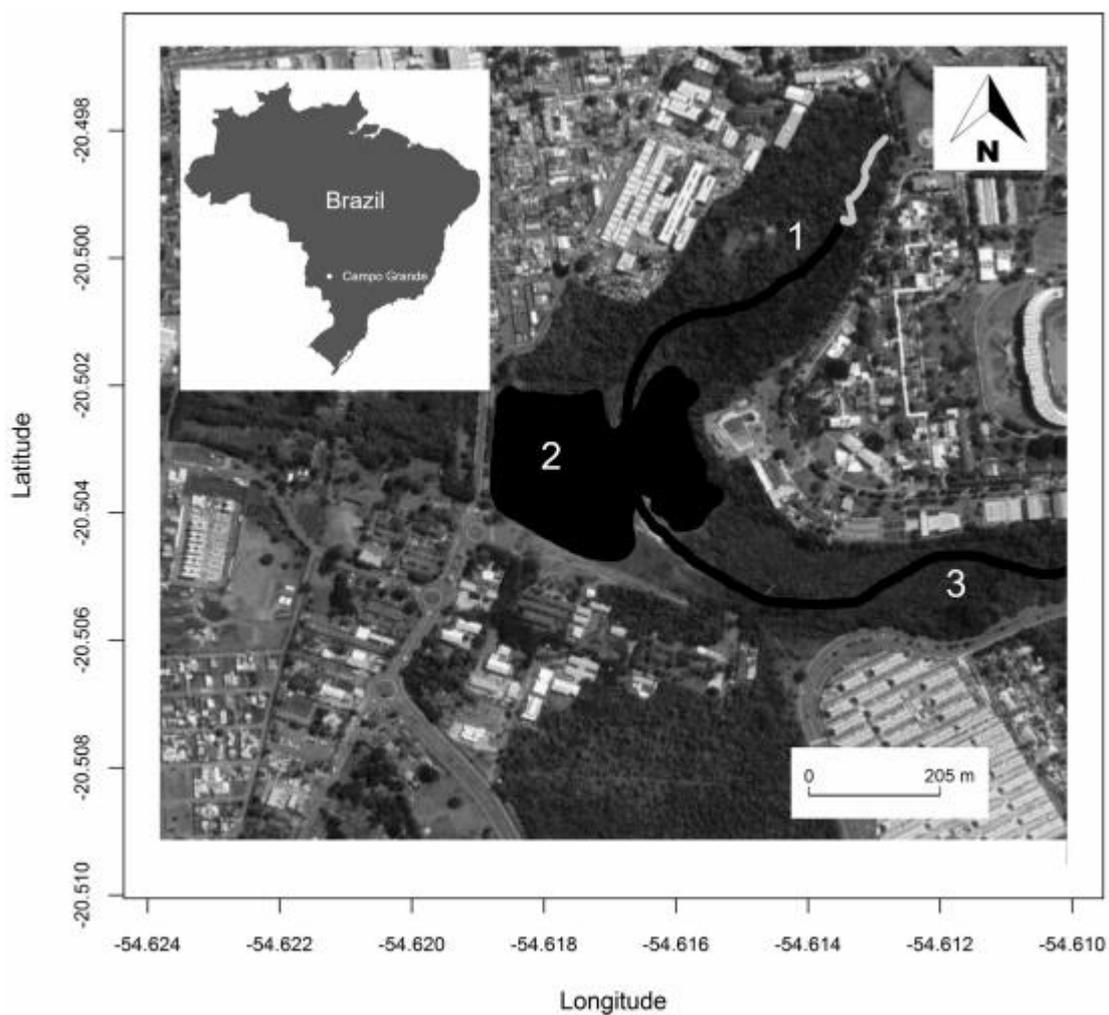


Figura 1. Área de estudo na RPPN da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul em Campo Grande. 1. Córrego Cabaça; 2. Lago do Amor; 3. Córrego Bandeira. Trecho em cinza claro no córrego 1- área de coleta dos indivíduos de *Phrynops geoffroanus* (Müller et al. 2019).

Espécie de estudo

Nosso modelo de estudo foi o cágado-de-barbicha (*P. Geoffroanus*), espécie de quelônio endêmico da América do Sul pertencente à família Chelidae (Testudines). Sua distribuição geográfica abrange Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia, Paraguai, Argentina e Brasil (Dijk et al. 2014), embora estudos indiquem que seja uma espécie críptica (Carvalho et al. 2016). É uma espécie generalista, podendo ser encontrada tanto em rios como lagos e córregos urbanos (Souza et al. 2008, Souza & Abe 2001), principalmente em pedras, troncos e barrancos, termorregulando (assoalhando) no período mais quente do dia. A atividade do cágado-de-barbicha está diretamente associada à elevada temperatura do ar, apresentando maiores índices de atividade entre setembro e novembro (Souza 2004). Outro fator que apresenta grande influência na movimentação da espécie é o período reprodutivo, quando os machos dispersam em busca de fêmeas (Souza 2004). O período de acasalamento pode ocorrer de outubro a março, enquanto fêmeas com ovos são detectadas de fevereiro a agosto, e filhotes são esperados de julho a janeiro, após cerca de cinco meses de incubação (Souza & Abe 2001). A cópula é restrita à água e pode ocorrer entre a manhã e à tarde, exceto no meio do dia quando os animais estão geralmente assoalhando (Molina 1996). Pode apresentar ampla plasticidade na seleção da área de desova, incluindo diferentes ambientes como praia aberta, margem de rio, barrancos ou áreas com cobertura vegetal e deposita em média 13,1 ovos por ninho (Ferreira Júnior et al. 2011, Souza 2004).

As fêmeas adultas apresentam maior tamanho corpóreo, podendo variar de 25,3 a 37,0 cm o comprimento da carapaça e o peso de 1,48 a 4,12 kg, comparadas aos machos que apresentam comprimento da carapaça entre 24,0 a 35,0 cm e peso de 1,0 a 2,73 kg (Müller 2017). Além do dimorfismo sexual relacionado ao tamanho, a espécie apresenta diferenciação no posicionamento da cloaca em que para machos a abertura está mais distante do corpo do que para as fêmeas (Rueda-Almonacid et al. 2007). A dieta do cágado-de-barbicha possui alta

plasticidade com registros de consumo de peixes, vegetais, insetos, crustáceos e frutas, além de resíduos urbanos e principalmente larvas de quironomídeos (*Chironomus* sp.), sendo assim considerada onívora (Fachin-Teran et al. 1995, Souza & Abe 2000, Martins et al. 2010). A alimentação pode variar entre os sexos, as fêmeas consumindo maior proporção de matéria animal enquanto machos consomem tanto matéria vegetal quanto animal (Ribeiro et al. 2017)

As populações de *P. geoffroanus* podem atingir altas densidades com mais de 200 indivíduos/ha, principalmente no ambiente urbano, quando existe abundância de recursos (Souza & Abe 2000). Porém pode ter um número bem reduzido, como 9 indivíduos/ha, quando existem condições limitantes na área, como a escassez de alimentos e condições climáticas adversas (Moura et al. 2015). A razão sexual das populações geralmente não exibe diferença (Souza & Abe 2001, Moura et al. 2015). Assim como a maioria dos Testudines, indivíduos possuem uma alta expectativa de vida, podendo sobreviver por aproximadamente 70 anos (Balbino-Silva 2017). Apesar de amplamente distribuído e abundante em diversas áreas, a espécie *P. geoffroanus* é uma das menos conhecidas da família Chelidae, também pouco conhecida, principalmente em estudos ecológicos (Mittermeier et al. 1980, Schneider et al. 2011, Forero-Medina et al. 2016).

Captura, biometria e monitoramento

A amostragem foi baseada em um desenho robusto que incorpora tanto modelos de população fechada quanto de população aberta, possibilitando estimar parâmetros como abundância (população fechada) e sobrevivência (população aberta) em uma única análise. O desenho baseia-se em duas escalas temporais de amostragem, na qual a ocasião primária considera os dados coletados na maior escala de tempo e permite que haja alterações na população através de eventos de entrada (nascimento e imigração) e eventos de saída (morte e emigração). Dessa forma é possível estimar parâmetros de população aberta, como a sobrevivência, nos

intervalos entre as ocasiões primárias. A segunda escala temporal consiste em um período relativamente curto de tempo que representa o intervalo entre as ocasiões secundárias, assim é possível assumir que a população é fechada e estimar parâmetros como a abundância. A ocasião secundária é uma fração da ocasião primária, por exemplo, cada dia de uma sessão de captura.

A amostragem seguiu o método de captura-marcação-recaptura (CMR) e ocorreu em duas estações por ano, de 2015 a 2020. A primeira estação foi realizada nos meses de março a junho e nomeamos de estação seca, enquanto a segunda estação, de julho a setembro, foi denominada de estação chuvosa. Cada estação teve de 8 a 16 dias não consecutivos de amostragem. Os meses não amostrados foram evitados devido ao período de chuva intensa que impossibilita a captura dos animais com o método utilizado. De acordo com o desenho robusto, as estações representam as ocasiões primárias do estudo, enquanto os dias de amostragem configuram as ocasiões secundárias.

Para capturar os cágados-de-barbicha utilizamos 25 armadilhas do tipo covão (“hooptrap”) dispostas ao longo do córrego com uma distância média de dois metros entre si. Os pontos foram escolhidos de acordo com a presença dos animais e profundidade do local, tentando manter a distribuição o mais homogênea possível. As armadilhas foram instaladas na margem do córrego, de forma que ao menos metade estivesse embaixo d’água, e eram iscadas com uma mistura de abacaxi com sardinha. Além disso, foram diariamente re-iscadas para garantir a atratividade da isca e revisadas para verificar a presença dos cágados.

Todos os indivíduos capturados foram acondicionados em sacos de pano e levados ao laboratório para realizarmos a biometria. Cada indivíduo teve o comprimento e a largura retilíneos da carapaça mensurados com o auxílio de um paquímetro de madeira (comprimento máximo de 1 metro). O sexo dos indivíduos foi definido de acordo com o posicionamento da cloaca em relação à carapaça (Rueda-Almonacid et al. 2007), sendo macho aquele que

apresentava cauda estreita e a abertura da cloaca ultrapassava o limite da carapaça e fêmea aquela em que a cloaca estava dentro do limite da carapaça. Os cágados ainda foram pesados com uma balança digital de mão e identificados numericamente de duas formas, uma marcação temporária e outra permanente. Foram considerados como jovens, na interpretação dos resultados, aqueles indivíduos com peso inferior a um quilograma. A marcação temporária foi feita com números em epóxi fixados na carapaça dos indivíduos e a permanente através de ranhuras nos discos marginais da carapaça seguindo uma versão adaptada de Cagle (1939) (Figura 2). Também registramos fotoidentificação da carapaça e do plastrão de cada indivíduo. Em decorrência do tempo da marca e algumas pequenas fraturas na carapaça (evento comumente observado), alguns indivíduos geravam dúvida na identificação. Por fim, após a conclusão dos procedimentos, todos indivíduos foram liberados no mesmo dia e local da captura. Todos os procedimentos obtiveram autorização do SISBIO 49802-1 e CEUA 41181-1.

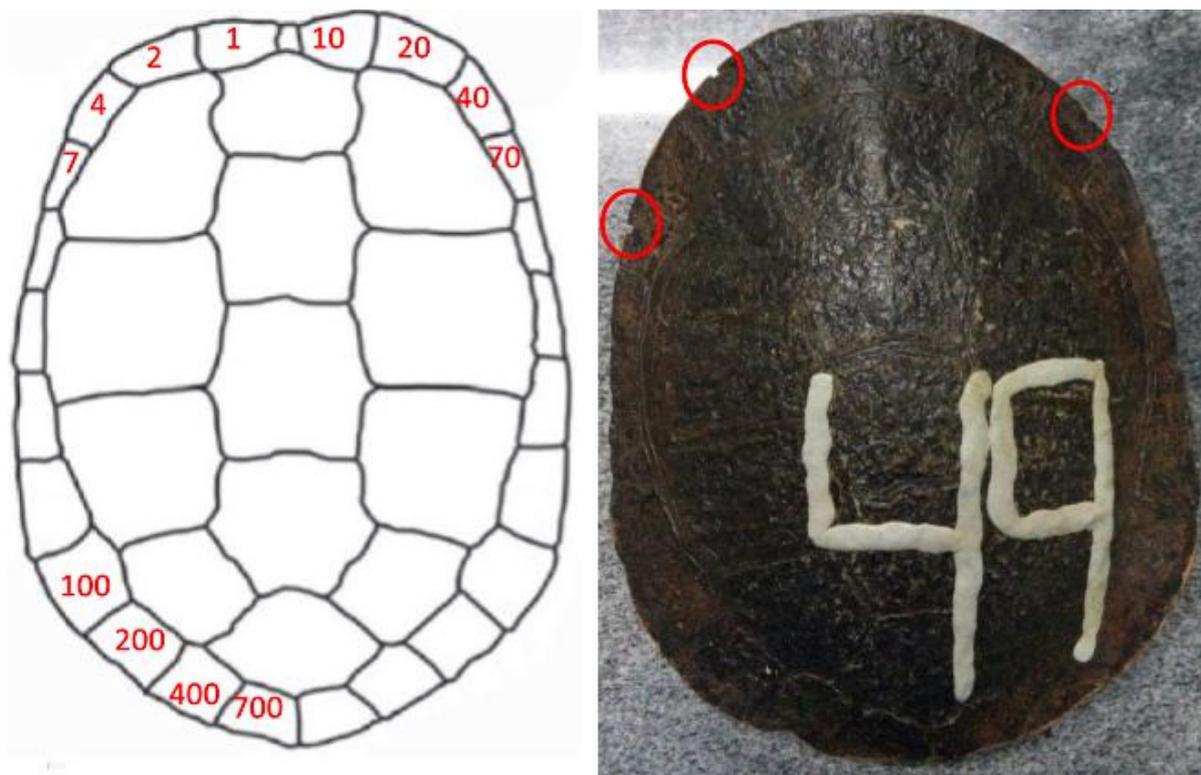


Figura 2. Padrão de numeração e ranhuras nos discos marginais (círculos em vermelho) do indivíduo 49.

Estimativa de sobrevivência aparente e abundância

A capturabilidade, sobrevivência aparente e abundância populacional foram estimadas usando o modelo robusto de “Huggins Full Heterogeneity”, disponível no pacote RMark (Laake 2013) no ambiente de programação R (R Core Team 2019). O modelo robusto foi utilizado pois permite incorporar covariáveis individuais que influenciam a capturabilidade, e assim estima a abundância e a sobrevivência separadamente para machos e fêmeas. Foram utilizadas as variáveis de comportamento, sexo, tempo, peso e estação como covariáveis da probabilidade de captura. A variável comportamento refere-se à probabilidade de recaptura ser diferente da captura, enquanto a variável tempo assume diferenças de a capturabilidade entre estações (ocasiões primárias). Para analisar a sobrevivência aparente foram incorporadas as variáveis sexo, tempo, peso e estação.

Nossa estratégia de modelagem seguiu dois passos. Primeiramente, controlamos os fatores que afetam a capturabilidade antes de estimar a sobrevivência aparente. Criamos oito modelos com diferentes estruturas de capturabilidade: 1. modelo nulo (capturabilidade uniforme entre indivíduos e anos), 2. modelo comportamento (capturabilidade diferente entre a primeira e as demais capturas), 3. modelo tempo (capturabilidade diferencial entre os anos) 4. modelo sexo (capturabilidade diferencial entre sexos), 5. modelo peso (capturabilidade distinta entre tamanho), 6. modelo estação (capturabilidade variável entre estação seca e chuvosa), 7. modelo sexo-peso (capturabilidade depende do sexo e do peso) e 8. modelo tempo-sexo-peso (capturabilidade variável entre os anos, sexos e do pesos).

Mantendo a estrutura de capturabilidade do melhor modelo, nós criamos oito novos modelos com diferentes estruturas de sobrevivência aparente: 1. modelo nulo (sobrevivência uniforme entre indivíduos e anos), 2. modelo sexo (sobrevivência diferencial entre sexos), 3. modelo tempo (sobrevivência diferencial entre os anos), 4. modelo peso (sobrevivência diferencial de acordo com o peso dos indivíduos), 5. modelo estação (sobrevivência varia

entre estação seca e chuvosa), 6. modelo tempo-sexo (sobrevivência diferencial entre os anos e os sexos), 7. modelo sexo-peso (sobrevivência diferencial entre sexos e pesos) e 8. modelo estação-sexo (sobrevivência sofre influência da estação e varia entre os sexos).

A seleção dos modelos para capturabilidade e sobrevivência foi baseada no Critério de Informação de Akaike (CIA) (Burnham & Anderson 2002) que pondera o grau de explicação com o grau de complexidade de cada modelo. Foi considerado como o melhor modelo aqueles que apresentaram $\Delta CIA < 2$. No caso deste ser um modelo único, nós interpretamos o seu resultado; no caso de ser um conjunto de modelos, nós fizemos um modelo médio para interpretar os resultados das estimativas. A estimativa de abundância foi um parâmetro derivado da probabilidade de captura e estimativas de sobrevivência.

Resultados

Em 387 capturas foram reconhecidos 131 indivíduos (54 fêmeas e 77 machos) com peso médio de 1,70 kg (máx = 2.17 kg) para machos adultos e 2.6 kg (máx= 3.94 kg) para fêmeas adultas. Para capturabilidade, o melhor modelo levou em consideração tempo-sexo-peso e recebeu grande suporte ($w = 0,99$), enquanto os demais foram pouco plausíveis ($\Delta > 20,75$; Tabela 1). Segundo o melhor modelo de capturabilidade, indivíduos maiores foram mais difíceis de capturar ($\beta = -0.50$; IC95% = -0.73 a -0,27; Tabela 2) do que aqueles menores, com fêmeas (4,6%; IC95% = 2,6% a 8,9%) sendo mais fáceis de capturar do que machos (2,6%; IC95% = 1,3% a 5,5%) ($\beta = -0.60$; IC95% = -1,04 a -0,15; Tabela 2) (Figura 3). Embora a variável tempo foi retida no melhor modelo, todos os coeficientes estimados de diferença entre ocasiões primárias incluíram o zero (Figura 3; Tabela 2).

Tabela 1. Seleção dos modelos que explicam a estrutura da capturabilidade dos cágados-de-barbicha seguindo o Critério de Informação de Akaike (CIA).

Modelo	K	CIAc	Δ CIA	Peso
Tempo-sexo-peso	15	2829.4	0.0	0.99
Tempo	13	2850.1	20.7	3.11e-5
Sexo-peso	5	2853.3	23.8	6.48e-6
Peso	4	2857.2	27.8	9.15e-7
Sexo	4	2872.7	43.3	3.92e-10
Estação	4	2874.6	45.2	1.47e-10
Comportamento	3	2875.4	46.0	1.02e-10
Nulo	2	2882.8	53.4	2.48e-12

Tabela 2. Coeficientes estimados do melhor modelo de capturabilidade dos cágados-de-barbicha.

Parâmetro	Coeficiente	Erro padrão	95%ICI	95%ICS
Sobrevivência (intercepto)	1.94	0.25	1.46	2.42
Capturabilidade (intercepto)	-1.99	0.64	-3.25	-0.73
Capturabilidade (peso)	-0.50	0.12	-0.73	-0.27
Capturabilidade (sexo:macho)	-0.60	0.23	-1.04	-0.15
Capturabilidade (ocasião primária:2)	-0.51	0.74	-1.95	0.93
Capturabilidade (ocasião primária:3)	0.60	0.73	-0.83	2.02
Capturabilidade (ocasião primária:4)	-0.30	0.72	-1.72	1.11
Capturabilidade (ocasião primária:5)	-1.51	0.85	-3.18	0.15

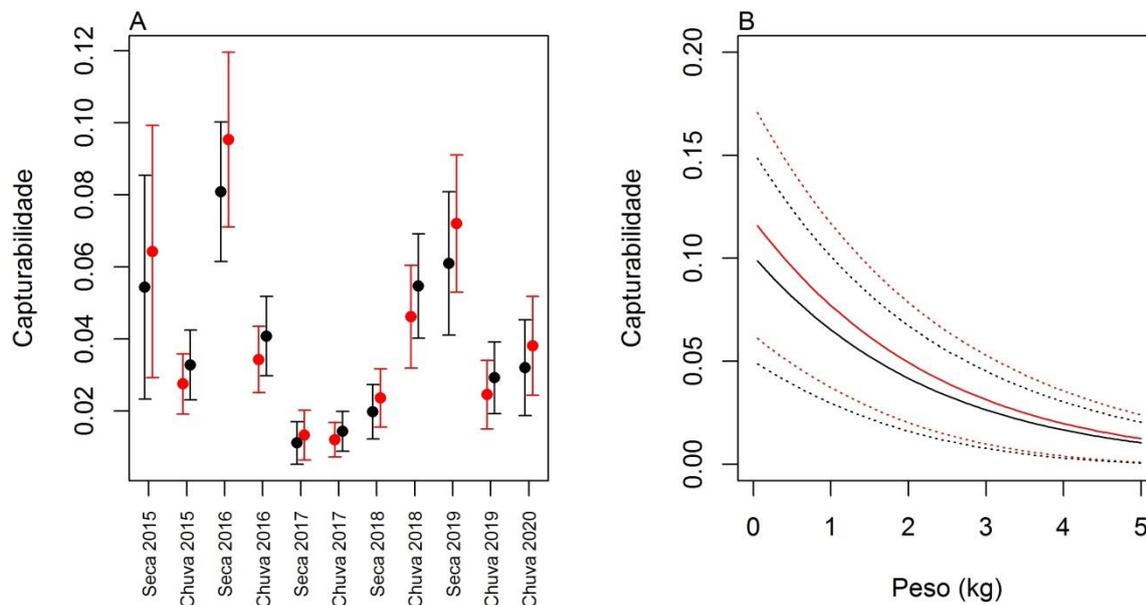


Figura 3- (A) Capturabilidade de machos (preto) e fêmeas (vermelho) em cada estação (seca e chuvosa). (B) Capturabilidade de acordo com o peso dos indivíduos.

Uma vez fixada a melhor estrutura de capturabilidade, houveram três modelos de sobrevivência com grande suporte ($\Delta < 2$; $W_{\text{acumulado}} = 0,99$), enquanto os demais foram considerados pouco plausíveis ($\Delta > 11$; Tabela 3). Dentro os três melhores modelos, sexo esteve retido nos três, em combinação interativa com peso ou estação (Tabela 3). O modelo médio apontou que fêmeas (92%; IC95% = 86% a 96%) apresentaram maior sobrevivência que machos (78%; IC95% = 69% a 84%) ($\beta = -1,27$; IC95% = -2,08 a -0,45), principalmente na transição que compreende o período chuvoso (Figura 4). Ademais, o efeito do peso, um substituto da idade, diferiu entre sexos ($\beta_{\text{interação sexo-peso}} = -0,89$; IC95% = -2,08 a -0,29), com machos diminuindo sua sobrevivência aparente quando mais velhos (Figura 4), enquanto fêmeas apresentaram sobrevivência alta e constante independente do seu tamanho. Notadamente, indivíduos pequenos (jovens) apresentaram alta sobrevivência independente do seu sexo, com diferenças se acentuando após 1,5 kg de peso (Figura 4). A projeção da sobrevivência aparente de machos e fêmeas revelou como os diferentes sexos apresentam diferentes taxas de renovação populacional, em que fêmeas podem permanecer na área por até 40 anos, enquanto dificilmente um macho permanece por mais de 10 anos (Figura 4).

Após definida a melhor estrutura de capturabilidade e sobrevivência, esse conjunto de melhores modelos descritos acima foram utilizados para derivar as estimativas de abundância. De maneira geral, a população flutuou em torno de 38 indivíduos (entre 13-89 indivíduos), sem evidência global de desvio sexual dentro da população, embora em algumas ocasiões primárias notou-se desvios para machos (e.g. Chuvosa 2015) e fêmeas (e.g. Chuvosa 2017 e Seca 2019) (Figura 5).

Tabela 3. Seleção dos modelos que explicam a estrutura de sobrevivência dos cágados seguindo o CIA.

Modelo	K	CIAc	DeltaCIA	Peso
Sexo-peso	18	2819.1	0.0	0.55
Sexo-estação	18	2820.9	1.8	0.22
Sexo	16	2821.0	1.9	0.21
Peso	16	2830.3	11.1	2.07e-3
Estação	16	2831.1	11.9	1.39e-3
Tempo-sexo	25	2838.0	18.8	4.54e-5
Tempo	24	2844.9	25.7	1.39e-6
Nulo	5	2853.2	34.0	2.18e-8

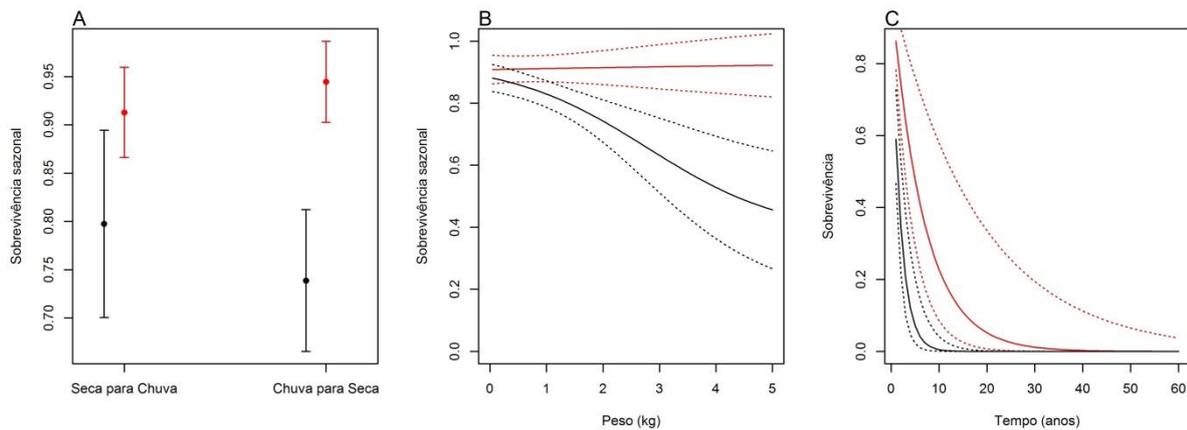


Figura 4 – (A) Estimativas de sobrevivência aparente sazonal para machos (preto) e fêmeas (vermelho) nas transições entre estações (seca e chuvosa). (B) Sobrevivência aparente sazonal de machos e fêmeas relacionada ao peso dos indivíduos. (C) Projeção da sobrevivência de machos e fêmeas ao longo dos anos.

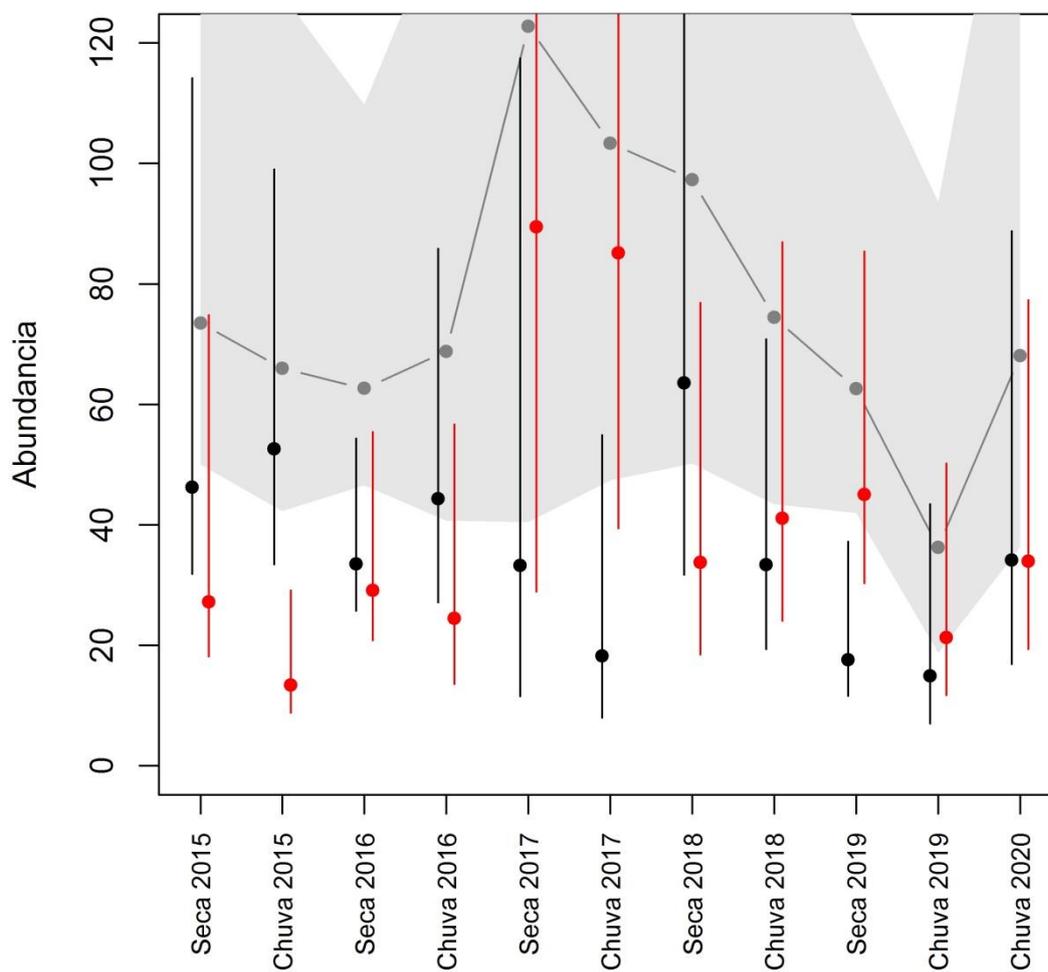


Figura 5 - Estimativas de abundância geral (cinza), de machos (preto) e fêmeas (vermelho) da população em cada estação (seca e chuvosa) durante os anos de 2015 a 2020.

Discussão

O resultado encontrado através do melhor modelo de capturabilidade mostrou que indivíduos menores, assim como as fêmeas, tiveram maior probabilidade de captura. A baixa probabilidade de captura e recaptura observada pode estar associada a um efeito negativo que a isca ou a visualização das armadilhas gera no indivíduo (Mali et al. 2012). A diminuição da capturabilidade do cágado-de-barbicha observada em 2017 pode estar associada à capacidade de aprendizagem da espécie (Souza & Abe 2001), quando as capturas ainda duravam mais de cinco dias consecutivos. Depois desse período, as campanhas passaram a ter no máximo cinco dias e assim a probabilidade de detectar os indivíduos voltou a aumentar. O tipo de armadilha utilizada no trabalho pode ter selecionado características dos indivíduos, visto que a idade e o sexo, assim como o tamanho, podem sofrer influência do tipo de armadilha (Tesche & Hodges 2015). Os indivíduos maiores foram menos capturados em nossas amostragens possivelmente em decorrência do maior número de covos médios utilizados. Uma alternativa para maximizar as capturas com armadilhas iscadas é alternar o tipo de isca utilizada (Mali et al. 2012). O melhor modelo de capturabilidade foi incluído nas análises de sobrevivência e abundância justamente para controlar o efeito que poderia gerar na estimativa dos parâmetros populacionais de maior interesse, nomeadamente sobrevivência e abundância.

Assim como esperado, as fêmeas apresentaram sobrevivência aparente maior em comparação aos machos. Esse padrão também foi observado para outras espécies da família Chelidae, como *Mesoclemmys vanderhaegei* (Brito et al. 2018) e *Hydromedusa maximiliani* (Martins et al. 2009). Os quelônios são conhecidos pela alta expectativa de vida, como é o caso do cágado-de-barbicha que pode sobreviver por aproximadamente 70 anos (Balbino-Silva 2017). Dessa forma, podemos deduzir que o evento de saída dos indivíduos da população ocorre, em maior parte, por emigração. Sendo assim, as fêmeas adultas apresentaram fidelidade à área de estudo, enquanto os machos dispersaram com maior

frequência (Gibbons 1990, Bower et al. 2012). Essa diferença pode ser decorrente às distintas necessidades reprodutivas de cada sexo, uma vez que fêmeas tendem a se distribuir em busca de ambiente propício para a nidificação (Moore et al. 2020), enquanto machos se distribuem em busca de parceiras sexuais (Souza 2004, Adriano et al. 2009). A projeção da sobrevivência ao longo dos anos evidencia o caráter mais nômade dos machos, pois a taxa de renovação de machos na população é 4 vezes mais rápida que a de fêmeas.

A diferença entre a sobrevivência de cada sexo fica ainda maior quando analisamos o período da estação chuvosa para a estação seca, em razão da queda da sobrevivência dos machos. O aumento da atividade dos machos é observado na transição entre o segundo semestre do ano (chuvoso) e o primeiro (seco), passando por um período de chuvas mais intensas. A espécie foi detectada em maior atividade durante os meses de setembro a novembro, associada à atividade reprodutiva (Souza 2004). O período de acasalamento é observado geralmente entre os meses de outubro a abril, simultaneamente com o período de maior acúmulo de chuvas (Molina 1996). Dessa forma, a estação chuvosa pode facilitar a dispersão dos machos para outras áreas, que estimulados pela reprodução, podem utilizar-se da maior disponibilidade de banhados para se deslocarem por locais que antes estavam secos. Esse padrão de comportamento também é observado para *Phrynops hilarii* (Semeñiuk & Alcalde 2017), *Hydromedusa maximiliani* (Famelli et al. 2016) e *Chelodina expansa* (Bower et al. 2012). O alto fluxo dos machos durante o período de cheia também pode explicar a tendência observada em detectá-los com maior frequência nesse período.

O peso teve efeito negativo para os machos que mostraram um declínio da sobrevivência a partir de aproximadamente 1kg, enquanto a sobrevivência das fêmeas se manteve estável com o aumento do peso. A alta sobrevivência dos indivíduos juvenis (<1kg) de ambos sexos pode ser uma evidência que o estímulo à dispersão para machos seja

reprodutivo. Assim, machos jovens se comportam como as fêmeas até atingirem a maturidade sexual, quando eles passam a dispersar para outras áreas.

A fidelidade à área encontrada principalmente pelos juvenis corrobora com o padrão de dispersão observado em outras espécies de Testudines de água doce (Hall & Steidl 2007). O movimento mais restrito dos indivíduos menores pode estar relacionado ao alto custo da dispersão para áreas distantes como sugerido para *Chrysemys picta* (Bowne et al. 2006). Outra evidência mostra que os juvenis de *Trachemys scripta* utilizam o habitat de acordo com a disponibilidade de alimento (Parker 1984). Para outra população de *Phrynops geoffroanus* em área urbana também foi encontrado deslocamento menor dos cágados jovens, influenciado pela entrada de nutriente no ambiente antropizado (Souza et al. 2008). Em nosso estudo, os jovens parecem não dispersar longas distâncias, como observamos através da alta sobrevivência aparente. Esse comportamento mais sedentário pode estar alinhado com a qualidade relativa da área estudada, que oferta ampla disponibilidade de recursos alimentares decorrentes da área de preservação, bem como a suplementação provinda de efluentes (Souza & Abe 2000) e diversas possibilidades de abrigo. Assim como observado para os juvenis de *Elusor macrurus* (tartaruga Mary river), que preferiram locais com maior disponibilidade de alimento e áreas de refúgio (Micheli-Campbell et al. 2013).

Esses padrões evidenciam a importância da disponibilidade de recursos no habitat e como o comportamento das populações pode se moldar ao ambiente. A sobrevivência e o movimento dos indivíduos da população analisada neste estudo podem estar refletindo o ambiente em que estão inseridos e a presença de recursos em abundância na área. A reserva (RPPN) parece ser um ambiente favorável para a espécie, apesar da poluição presente, pois possui tanto recurso alimentar em abundância (frutos, algas, macroinvertebrados, peixes e aporte de matéria orgânica) quanto refúgio (pedras) e local para nidificação (mata ciliar). Itens alimentares esses observados ocasionalmente nas excretas dos animais durante a triagem. A

disponibilidade de recurso não foi propriamente medida nesta pesquisa e deve ser um fator a ser analisado em estudos futuros, mas vale ressaltar o observado ao longo do monitoramento no local. A dinâmica populacional de outras populações dentro do ambiente urbano pode apresentar uma configuração diferente da observada em decorrência da estrutura da área (Lambert & Steen 2019). Os córregos urbanos de Campo Grande, como muitos no Brasil, apresentam trechos concretados, sem nenhuma vegetação em sua margem, além de partes canalizadas, o que possivelmente impossibilita a permanência de muitas espécies, servindo apenas de corredor na dispersão destas. Assim, uma forma de conservar as espécies que ainda persistem no meio urbano e dependem de alguma forma dos córregos presentes na cidade seria manter a vegetação marginal dos corpos d'água a fim de garantir os processos reprodutivos.

A pouca flutuação na abundância dos indivíduos dessa população pode indicar que a área de estudo dispõe de recurso abundante e constante com diversas fontes de alimento, abrigo e área de nidificação (Ribas & Monteiro-Filho 2002). A mata ciliar presente na reserva é fonte de alimento direto e indireto para os cágados através das frutas que caem na água e da matéria orgânica que enriquece o ecossistema e garante a presença de outros recursos como invertebrados aquáticos e peixes (Deconte 2012). Além disso, alguns ninhos foram identificados ao longo do estudo (dado não publicado) o que mostra que o ambiente possui características que possibilitam a construção dos ninhos (Ferreira Júnior et al. 2011). Este conjunto de características reforça a importância da presença de mata ciliar ao longo dos corpos d'água, principalmente dentro da cidade. A abundância da população também poderia ser afetada pela correnteza gerada em córregos parcialmente canalizados, durante períodos de chuva, através do transporte dos indivíduos, como sugerido por Souza e Abe (2001). Entretanto, os resultados obtidos com o monitoramento de longo prazo mostraram que os indivíduos são capazes de permanecer na área mesmo após chuvas intensas (Müller et al.

2019). Áreas mais profundas do córrego e espaços entre as raízes da vegetação marginal são abrigos observados na área de estudo que podem auxiliar os indivíduos a permanecerem no habitat durante fortes correntezas.

Este estudo mostrou variabilidade da sobrevivência aparente, nesse caso interpretada como efeito da emigração dos indivíduos, entre os sexos, entre estações e de acordo com o seu tamanho corporal (um substituto de idade). As fêmeas adultas apresentaram maior sobrevivência comparadas aos machos, principalmente no período de transição da estação chuvosa para a seca, possivelmente em resultado da emigração dos machos em busca de mais fêmeas no período reprodutivo. A alta taxa de substituição dos machos na população foi ressaltada pela projeção da sobrevivência, que por outro lado mostrou a alta permanência das fêmeas. Os indivíduos menores tiveram sobrevivência alta e similar entre os sexos, o que pode ser uma evidência que o estímulo à dispersão da espécie seja reprodutivo, e que o ambiente fornece recurso e refúgio adequado para os filhotes e fêmeas. A pouca flutuação na abundância com alto número de indivíduos na população, pode ser decorrente da ampla disponibilidade de recursos e ausência de predadores na área. Sendo assim, estudos futuros que analisem e comparem a sobrevivência e os padrões de movimento do cágado-de-barbicha em diferentes habitats urbanos serão importantes para entender a plasticidade de comportamento da espécie e permitirão identificar as variáveis que mais afetam as populações em áreas fora de unidades de conservação. Essas informações permitirão desenvolver planos de manejo e conservação da espécie, caso necessário, além de poderem auxiliar na proteção de outras espécies da família Chelidae, uma vez que compartilham muitas características.

Literatura citada

- Adriano LR, Famelli S, Souza FL & Bertoluci J. 2009. Deslocamento do cágado *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae) em riachos da Mata Atlântica do Parque Estadual Carlos Botelho (SP). Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil 1–3.
- Balbino-Silva ACF. 2017. Curvas de crescimento e pirâmide etária do cágado-de-barbicha em um rio urbano. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Bañuelos MJ, Blanco-Fontao B, Fameli A, Fernández-Gil A, Mirol P, Morán-Luis M, Rodríguez-Muñoz R & Quevedo M. 2019. Population dynamics of an endangered forest bird using mark–recapture models based on DNA-tagging. *Conservation Genetics* 20: 1251–1263. doi: 10.1007/s10592-019-01208-x.
- Bardier CI, Martínez-Latorraca N, Porley J, Bortolini SV, Cabrera Alonzo N, Maneyro R & Toledo L. 2018. Seasonal demography of the threatened RedBelly Toad *Melanophryniscus montevidensis* in a protected area of Uruguay. *Canadian Journal of Zoology* doi:10.1139/cjz-2017-0362.
- Begon M, Townsend CR & Harper J. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed.
- Bower DS, Hutchinson M & Georges A. 2012. Movement and habitat use of Australia's largest snake-necked turtle: implications for water management. *Journal of Zoology* 287(1): 76–80. doi:10.1111/j.1469-7998.2011.00891.x.
- Bowne DR, Bowers MA & Hines JE. 2006. Connectivity in an Agricultural Landscape as Reflected by Interpond Movements of a Freshwater Turtle. *Conservation Biology* 20(3): 780–791. doi:10.1111/j.1523-1739.2006.00355.x.
- Brito ES, Vogt RC, Valadão RM, França LF, Penha J & Strüssmann C. 2018. Population Ecology of the freshwater turtle *Mesoclemmys vanderhaegei* (Testudines: Chelidae). *Herpetological Conservation and Biology* 13(2):355–365.

- Burnham KP & Anderson DR. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. 2 ed., Springer-Verlag, ISBN 0-387-95364-7.
- Cagle FR. 1939. A system of marking turtles for future identification. *Copeia* 170–173.
- Carvalho VT, Martínez JG, Hernández-Rangel SM, Astolfi-Filho S, Vogt RC, Farias IP & Hrbek T. 2016. Giving IDs to turtles: SNP markers for assignment of individuals to lineages of the geographically structured *Phrynops Geoffroanus* (Chelidae: Testudines). *Conservation Genetics Resources* 9(1): 157–163. doi:10.1007/s12686-016-0626-8.
- Collen B, Dulvy NK, Gaston KJ, Gärdenfors U, Keith DA, Punt AE, Regan HM, Böhm M, Hedges S, Seddon M, Butchart SHM, Hilton-Taylor C, Hoffmann M, Bachman SP & Akçakaya HR. 2016. Clarifying misconceptions of extinction risk assessment with the IUCN Red List. *Biology Letters* 12: 20150843. doi: 10.1098/rsbl.2015.0843.
- Deconte MR. 2012. Impacto antrópico na dieta do cágado-de-barbicha, *Phrynops Geoffroanus* (Testudines, Chelidae) no rio Uberabinha, Uberlândia, Minas Gerais. Dissertação, Universidade Federal de Uberlândia.
- Dijk PP, Iverson J, Rhodin A, Shaffer B & Bour R. 2014. Turtles of the World, 7th Edition: Annotated Checklist of Taxonomy, Synonymy, Distribution with Maps, and Conservation Status. *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises Chelonian Research Monographs* (ISSN 1088-7105) n°5. doi: 10.3854/crm.5.000.checklist.v7.2014.
- Fachin-Teran A, Vogt RC & Gomez MFS. 1995. Food Habits of an Assemblage of Five Species of Turtles in the Rio Guapore, Rondonia, Brazil. *Journal of Herpetology* 29(4): 536–547. doi:10.2307/1564736.
- Famelli S, Souza FL, Bertoluci J & Georges A. 2016. Movement patterns and activity of the Brazilian snake-necked turtle *Hydromedusa Maximiliani* (Testudines: Chelidae) in southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 37(2):215–228. doi:10.1163/15685381-00003047.

- Ferreira Júnior PD, Balestra RAM, Moreira JR, Freitas FO, Lustosa APG, Jorge RF, Rosa AJM, Sampaio AA & Gomes AS. 2011. Nesting of *Phrynops geoffroanus* (Testudines: Chelidae) on sandy beaches along the Upper Xingu River, Brazil. *Zoologia (Curitiba)* 28(5): 571–576. doi:10.1590/s1984-46702011000500004.
- Forero-Medina G, Páez VP, Garcés-Restrepo MF, Carr JL, Giraldo A & Vargas-Ramírez M. 2016. Research and conservation priorities for tortoises and freshwater turtles of Colombia. *Tropical Conservation Science* 9(4): 194008291667370. doi:10.1177/1940082916673708.
- Gibbons JW. 1990. Sex ratios and their significance among turtle populations. In *Life History and Ecology of the Slider Turtle*: 171–182. Gibbons, J.W. (Ed). Washington: Smithsonian Institution Press.
- Gibbons JW & Semlitsch RD. 1982. Survivorship and longevity of a long-lived vertebrate species: how long do turtles live?. *Journal of Animal Ecology* 51: 523-527.
- Goldstein EA, Merrick MJ & Koprowski JL. 2017. Functional semelparity drives population dynamics and endangers a peripheral population. *Biological Conservation* 205: 52–59.
- Gownaris NJ & Boersma PD. 2019. Sex-biased survival contributes to population decline in a long-lived seabird, the Magellanic penguin. *Ecological Applications* 29(1): e01826. doi: 10.1002/eap.1826.
- Hall DH & Steidl RJ. 2007. Movements, Activity, and Spacing of Sonoran Mud Turtles (*Kinosternon sonoriense*) in Interrupted Mountain Streams. *Copeia* (2): 403–412. doi:10.1643/0045-8511(2007)7[403:maasos]2.0.co;2.
- Hamer AJ, Harrison LJ & Stokeld D. 2018. Terrestrial habitat and individual fitness increase survival of a freshwater turtle in an urban landscape. *Urban Ecosyst* 21(1): 71-83.
- Köppen W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México. Fondo de Cultura Económica.

- Laake JL. 2013. RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK. AFSC Processed Rep 2013-01, 25p. Alaska Fish. Sci. Cent., NOAA, Natl. Mar. Fish. Serv., 7600 Sand Point Way NE, Seattle WA 98115.
- Lambert MR & Steen DA. 2019. Reexamining effects of urbanization on population structure of freshwater turtles: response to Bowne et al. 2018. *Conservation Biology* 00(0): 1–4. doi: 10.1111/cobi.13397.
- Lee DE. 2018. Evaluating conservation effectiveness in a Tanzanian community wildlife management area. *The Journal of Wildlife Management*. doi:10.1002/jwmg.21549.
- López-Rull I, Vergara P, Martínez-Padilla J & Fargallo JA. 2015. Early constraints in sexual dimorphism: survival benefits of feminized phenotypes. *Journal of Evolutionary Biology* 29(2): 231–240. doi:10.1111/jeb.12779.
- Mali I, Brown DJ, Jones MC & Forstner MRJ. 2012. Switching Bait as a Method to Improve Freshwater Turtle Capture and Recapture Success with Hoop Net Traps. *Southeastern Naturalist* 11(2): 311–318. doi:10.2307/41679658.
- Martins FI, Souza FL & Babbitt K. 2009. Demographic Parameters of the Neotropical Freshwater Turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae). *Herpetologica* 65(1): 82–91. doi:10.1655/07-038r2.1.
- Martins FI, Souza FL & Costa HTM. 2010. Feeding habits of *Phrynops Geoffroanus* (Chelidae) in an urban river in central Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 9(2) 294-297.
- McKee RK, Buhlmann KA, Moore CT, Hepinstall-Cymerman J & Tuberville TD. 2021. Waif Gopher Tortoise Survival and Site Fidelity Following Translocation. *The Journal of Wildlife Management* 1–14. doi: 10.1002/jwmg.21998.
- Micheli-Campbell MA, Campbell HA, Connell M, Dwyer RG & Franklin CE. 2013. Integrating telemetry with a predictive model to assess habitat preferences and juvenile

- survival in an endangered freshwater turtle. *Freshwater Biology* 58: 2253–2263.
doi:10.1111/fwb.12206
- Mittermeier RA, Rhodin AGJ, Silva RR & Oliveira NA. 1980. Rare Brazilian Sideneck Turtle. *Oryx* 15(5): 473–. doi:10.1017/s0030605300029197.
- Molina FB. 1996. Mating behavior of captive Geoffroy's side-necked turtles, *Phrynops geoffroanus* (Testudines: Chelidae). *Herpetological Natural History* 4: 155–160.
- Moore JA, McCluskey EM, Gould B, Laarman P & Sapak J. 2020. Nest-site fidelity and sex-biased dispersal affect spatial genetic structure of Eastern Box Turtles (*Terrapene carolina carolina*) at their Northern range edge. *Copeia* 108 (1): 19–28. doi: 10.1643/CE-19-206.
- Moura C, Moura G, Chaves L, Muniz S, Vega ES & Júnior V. 2015. Demography, sex ratio, and sexual dimorphism of Testudines in Araripe Bioregion, Ceará, Northeastern Brazil. *North-Western Journal of Zoology* 11 (2): 204-212.
- Müller MMP. 2017. Estrutura populacional, sobrevivência aparente e área de vida de *Phrynops geoffroanus* (Testudines, Chelidae) em um rio urbano. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Müller MMP, Ortega Z, Antunes PC, Seino LL, Hammarstron MJ, Balbino-Silva ACF & Oliveira-Santos LGR. 2019. The home range of adult *Phrynops geoffroanus* (Testudines, Chelidae) in relation to sex and body mass. *Herpetozoa* 32: 259–265. doi: 10.3897/herpetozoa.32.e38237.
- Noroalintseheno Lalarivoniaina OS, Rajemison FI, Ramanantsalama RV, Andrianarimisa A & Goodman SM. 2019. Population Size and Survival of the Malagasy Fruit Bat *Rousettus madagascariensis* (Pteropodidae) in Ankarana, Northern Madagascar. *Acta Chiropterologica* 21(1) 103-113(11). doi:10.3161/15081109ACC2019.21.1.008.

- Oliveira MIB & Sigrist MR. 2008. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipterix alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 31(2): 195-207.
- Owen-Jones Z, Priol P, Thienpont S, Cheylan M, Sauret G, Coïc C & Besnard A. 2015. The contrasting effects of short- and long-term habitat drainage on the population dynamics of freshwater turtles in a human-dominated landscape. *Freshwater Biology* 61(1): 121–132. doi:10.1111/fwb.12687.
- Parker WS. 1984. Immigration and Dispersal of Slider Turtles *Pseudemys scripta* in Mississippi Farm Ponds. *American Midland Naturalist* 112(2): 280. doi:10.2307/2425435.
- Purcell KL, McGregor EL & Calderala K. 2017. Effects of drought on western pond turtle survival and movement patterns. *Journal of Fish and Wildlife Management* 8(1):15–27; e1944-687X. doi:10.3996/012016-JFWM-005.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ribas ER & Monteiro-Filho ELA. 2002. Distribuição e habitat das tartarugas de água doce (Testudines, Chelidae) do estado do Paraná, Brasil. *Biociências, Porto Alegre* 10(2) 15-32.
- Ribeiro LES, Utta ACS & Barreto L. 2017. Diet of *Phrynops geoffroanus* (Schweigger 1812) (Chelidae) in an Environmental Protection Area in the Amazon Region of Maranhão State, Brazil. *Herpetological Conservation and Biology* 12(2):556–564.
- Ricklefs RE. 1996. *A economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p456.
- Rueda-Almonacid JV, Carr JL, Mittermeier RA, Rodríguez-Mahecha JV, Mast RB, Vogt RC, Rhodin AGJ, Ossa-Velásquez J, Rueda JN & Mittermeier CG. 2007. *Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico*. 6th edn. Bogotá, Colombia: Conservación Internacional.

- Santoro A, Chambers JM, Robson BJ & Beatty SJ. 2020. Land use surrounding wetlands influences urban populations of a freshwater turtle. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. doi:10.1002/aqc.3324.
- Schneider L, Ferrara CR, Vogt RC & Guilhon AV. 2011. Nesting Ecology and Nest Predation of *Phrynops geoffroanus* (Testudines, Chelidae) in the Guaporé River of the Brazilian and Bolivian Amazon. *Chelonian Conservation and Biology* 10(2): 206–212. doi:10.2744/1071-8443-10.2.206.
- Semeñiuk MB & Alcalde L. 2017. Seasonal activity and basking of the southernmost population of the freshwater turtle *Phrynops hilarii* (Chelidae). *Amphibia-Reptilia*. doi:10.1163/15685381-00003091.
- Serrano F, Pita R, Mota-Ferreira M, Beja P & Segurado P. 2019. Landscape connectivity affects individual survival in unstable patch networks: The case of a freshwater turtle inhabiting temporary ponds. *Freshwater Biology* 65:540–551, fwb.13449–. doi:10.1111/fwb.13449.
- Shine R & Iverson JB. 1995. Patterns of survival, growth and maturation in turtles. *Oikos* 72: 343-348.
- Souza FL. 2004. Uma revisão sobre padrões de atividade, reprodução e alimentação de cágados brasileiros (Testudines, Chelidae). *Phyllomedusa* 3(1): 15–27. doi: 10.11606/issn.2316-9079.v3i1p15-27.
- Souza FL & Abe AS. 2000. Feeding ecology, density and biomass of the freshwater turtle, *Phrynops geoffroanus*, inhabiting a polluted urban river in south-eastern Brazil. *Journal of Zoology* 252: 437-446.
- Souza FL & Abe AS. 2001. Population structure and reproductive aspects of the freshwater turtle, *Phrynops geoffroanus*, inhabiting an urban river in southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36(1): 57–62. doi: 10.1076/snfe.36.1.57.8887.

- Souza FL, Raizer J, Costa HTM & Martins FI. 2008. Dispersal of *Phrynops Geoffroanus* (Chelidae) in an urban river in central Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 7(2): 257–261. doi: 10.2744/CCB-0698.1.
- Stanford CB, Iverson JB, Rhodin AGJ, Dijk PP, Mittermeier RA, Kuchling G, ... Walde, AD. 2020. Turtles and Tortoises Are in Trouble. *Current Biology* 30(12): R721–R735. doi:10.1016/j.cub.2020.04.088.
- Tesche MR & Hodges KE. 2015. Unreliable population inferences from common trapping practices for freshwater turtles. *Global Ecology and Conservation* 3: 802-813.
- Tuberville TD, Norton TM, Todd BD & Spratt JS. 2008. Long-term apparent survival of translocated gopher tortoises: A comparison of newly released and previously established animals. *Biological Conservation* 141(11): 2690–2697.
- Wood KA, Nuijten RJM, Newth JL, Haitjema T, Vangeluwe D, Ioannidis P, Harrison AL, Mackenzie C, Hilton GM, Nolet BA & Rees EC. 2017. Apparent survival of an Arctic-breeding migratory bird over 44 years of fluctuating population size. *Ibis*, (), –. doi:10.1111/ibi.12521