



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE UnB DE PLANALTINA - FUP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ANDRESSA ESTELA BALBINO GUIMARÃES

**SELEÇÃO DE PRAIAS DE NIDIFICAÇÃO PELA TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA:
INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS**

Brasília, DF

2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE UnB DE PLANALTINA - FUP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ANDRESSA ESTELA BALBINO GUIMARÃES

**SELEÇÃO DE PRAIAS DE NIDIFICAÇÃO PELA TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA:
INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.

Linha de pesquisa: Manejo e conservação de recursos naturais

Orientador: Dr. Rodrigo Diana Navarro
Coorientador: Dr. Marcelo Maia Pereira

Brasília, DF

2022

Andressa Estela Balbino Guimarães

Dissertação de Mestrado

**SELEÇÃO DE PRAIAS DE NIDIFICAÇÃO PELA TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA:
INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS**

Banca Examinadora

Rodrigo Diana Navarro – UnB
(Presidente)

Luiz Felipe Salemi – UnB
(Membro Interno)

Léo Caetano Fernandes da Silva – IBAMA
(Membro Externo)

Ricardo Bomfim Machado – UnB
(Membro Suplente)

Brasília, DF

2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

GG963s

Guimarães, Andressa Estela Balbino
Seleção de praias de nidificação pela tartaruga-da
amazônia: influência de fatores ambientais e antrópicos /
Andressa Estela Balbino Guimarães; orientador Rodrigo
Diana Navarro; co-orientador Marcelo Maia Pereira. --
Brasília, 2022.
52 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Ambientais)
- Universidade de Brasília, 2022.

1. Tartaruga aquática. 2. Testudines. 3. Seleção de
habitat. 4. Oviposição. 5. Reprodução. I. Navarro, Rodrigo
Diana, orient. II. Pereira, Marcelo Maia, co-orient. III.
Titulo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me guiado e sustentado até aqui.

À minha família por sempre me apoiarem e me incentivarem a dar o meu melhor.

Ao meu marido, Evander, por todos os conselhos, incentivos, paciência e apoio incondicional. Obrigada por dividir essa jornada comigo!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Diana Navarro, pela confiança e por todo suporte prestado ao longo do mestrado.

À banca examinadora de minha qualificação, Prof. Dr. Ricardo Bomfim Machado e Prof. Dr. Luiz Felipe Salemi pelas contribuições e comentários.

Em especial, agradeço ao Prof. Dr. Ricardo Bomfim Machado por todas as aulas particulares de programa R.

Ao Prof. Me. Lucas Ferreira de Castro pelo auxílio com os testes estatísticos.

Ao Programa de Quelônios Amazônicos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (PQA/IBAMA) - Superintendência de Goiás/GO, em especial ao Léo Caetano Fernandes da Silva, Luiz Alfredo Martins Lopes Baptista, Mariana Pastori Lara e Paulo Lopes Ribeiro, e ao consultor ambiental autônomo Maurivan Vaz Ribeiro, por coletarem e concederem os dados sobre a localização das praias de nidificação da tartaruga-da-amazônia, a quantidade de ninhos e a presença de acampamentos nas praias, que foram cruciais para realizar este trabalho.

Ao presidente da ONG Sociedade de Amigos do Rio Crixás (SARC), Juarez Marcelino da Silva, e à Vanessa Lima Bom por fornecerem as informações sobre a localização dos acampamentos registrados no rio Crixás-Açu.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Faculdade UnB Planaltina (FUP) por possibilitar o desenvolvimento desta pesquisa e a todos os professores do PPGCA por todo conhecimento transmitido.

Aos meus colegas de pós-graduação, em especial à Thays Lobo e Thais Dias, pelo apoio e incentivo durante todo o mestrado e por sempre estarem dispostas a ajudar no que fosse preciso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa – Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO GERAL.....	6
REVISÃO DA LITERATURA.....	8
1. Quelônios.....	8
1.1. Seleção dos locais de nidificação.....	9
1.2. Tartaruga-da-amazônia.....	10
1.2.1 Potenciais ameaças à nidificação da tartaruga-da-amazônia.....	11
2. Referências.....	13
CAPÍTULO 1.....	18
FATORES QUE AFETAM A SELEÇÃO DE LOCAIS DE NIDIFICAÇÃO POR TARTARUGAS DE ÁGUA DOCE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	19
1. Introdução.....	19
2. Métodos.....	20
3. Resultados.....	22
4. Discussão.....	27
5. Conclusão.....	33
6. Referências.....	34
CAPÍTULO 2.....	37
INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS SOBRE A SELEÇÃO DE PRAIAS DE NIDIFICAÇÃO PELA <i>PODOCNEMIS EXPANSA</i>.....	38
1. Introdução.....	38
2. Material e métodos.....	39
2.1. Área de estudo.....	39
2.2. Coleta de dados.....	40
2.3. Análise de dados.....	41
3. Resultados.....	44
3.1. Turismo.....	44
3.2. Cobertura de vegetação.....	46
3.3. Fragmentação da paisagem.....	46
4. Discussão.....	47
5. Conclusão.....	49
6. Referências.....	49

APRESENTAÇÃO GERAL

Os quelônios constituem um dos grupos de vertebrados mais ameaçados de extinção (STANFORD et al., 2018) devido, principalmente, à perda e fragmentação de habitats, à sobre-exploração por populações humanas e à depredação de ninhos (RHODIN et al., 2018). O risco de extinção do grupo também é agravado pela sua história de vida, que é caracterizada por baixas taxas de recrutamento de indivíduos (CONGDON; DUNHAM; VAN LOBEN SELS, 1993). À vista disso, informações sobre a biologia reprodutiva dos quelônios são fundamentais para desenvolver estratégias de conservação que favoreçam a nidificação das fêmeas, aumentando o recrutamento para as populações (MICHELI-CAMPBELL et al., 2013).

Como os quelônios geralmente não exibem cuidado parental durante o período de incubação, a escolha do local de nidificação é essencial para o sucesso reprodutivo do grupo (CZAJA et al., 2020; PIGNATI et al., 2013a; REFSNIDER; JANZEN, 2010). A localização dos ninhos determina diversos fatores relacionados à sobrevivência dos ovos, filhotes e adultos, como o microclima da incubação dos embriões (WARNER; ANDREWS, 2002), a probabilidade de inundação dos ovos (CASTRO; FERREIRA JÚNIOR, 2008) e o risco de depredação dos filhotes (KOLBE; JANZEN, 2002a) e da fêmea (SPENCER, 2002).

A escolha do local de desova não só é fundamental para a sobrevivência dos quelônios em suas diferentes fases de vida, mas também para o crescimento, desempenho e fenótipo dos filhotes, determinando a razão sexual em espécies que apresentam determinação sexual dependente de temperatura (KOLBE; JANZEN, 2002b; PIGNATI et al., 2013b; REFSNIDER; JANZEN, 2010; SPENCER, 2002). Portanto, os quelônios se baseiam em parâmetros físicos e químicos para identificar locais adequados para a incubação e eclosão dos ovos (FERREIRA JÚNIOR, 2009). Esses parâmetros incluem os aspectos geológicos das praias (CULVER et al., 2020), características da vegetação (CZAJA et al., 2020) e do substrato (HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009). Além disso, os quelônios também levam em consideração fatores antrópicos ao selecionar o local do ninho, como a presença de atividades humanas (ALKINDI et al., 2006), iluminação artificial (PRICE et al., 2018) e estruturas antrópicas (MAHBUB; AHMED; YEASMIN, 2020).

Diante disso, investigar os fatores ambientais e antrópicos que afetam a seleção do local de desova ajuda a identificar potenciais ameaças às tartarugas e a prever a capacidade de adaptação das espécies às mudanças ambientais (REFSNIDER; JANZEN, 2010). Além

disso, esse conhecimento pode auxiliar na compreensão das necessidades de habitat de uma espécie e das consequências das alterações humanas do habitat para a reprodução dos quelônios (KOLBE; JANZEN, 2002b).

A tartaruga-da-amazônia, *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), tem grande importância social, econômica e cultural para populações ribeirinhas da bacia Amazônica, que comercializam e consomem sua carne e ovos e usam sua gordura para diversos fins medicinais (CANTARELLI; MALVASIO; VERDADE, 2014; CASAL et al., 2013). No entanto, devido à intensa exploração, a tartaruga-da-amazônia passou a ser considerada uma das espécies mais ameaçadas da região (FERRARA et al., 2017). Os projetos de manejo voltados a esses quelônios amazônicos levam em conta os aspectos básicos da biologia reprodutiva da espécie e a importância das áreas de desovas como ferramentas para a conservação do grupo (PANTOJA-LIMA et al., 2009).

Diante desse contexto, o estudo de fatores ambientais e antrópicos que influenciam a seleção do local de nidificação pela tartaruga-da-amazônia é relevante para sua conservação. Visto que a localização dos ninhos tem um papel significativo para o sucesso reprodutivo e que a abundância da espécie, devido sua alta seletividade, está sujeita à disponibilidade de áreas adequadas para sua desova, é importante gerar informações que mostrem como a seleção dos sítios reprodutivos varia de acordo com as pressões antrópicas e as mudanças ambientais. Com esses dados será possível identificar vulnerabilidades da espécie e subsidiar o desenvolvimento de estratégias de conservação e mitigação de impactos nas populações desses quelônios.

Isto posto, esta dissertação está estruturada em dois capítulos. O capítulo 1 foi intitulado “Fatores que afetam a seleção de locais de nidificação por tartarugas de água doce: uma revisão sistemática” e teve como objetivo levantar estudos sobre fatores que afetam a seleção de locais de nidificação por tartarugas de água doce e realizar uma síntese dessas informações. O capítulo 2 é intitulado “Influência de fatores ambientais e antrópicos sobre a seleção de praias de nidificação pela *Podocnemis expansa*” e teve como objetivo avaliar a influência da cobertura de vegetação, da fragmentação da paisagem e do turismo na seleção de praias de desova pela *P. expansa*.

REVISÃO DA LITERATURA

1. Quelônios

Os quelônios pertencem à ordem Testudines ou Chelonia, que abrange tartarugas, cágados e jabutis. Os primeiros registros fósseis datam cerca de 220 milhões de anos, sendo parte do período Triássico Superior (HICKMAN et al., 2016; LI et al., 2008). O grupo é dividido em duas linhagens atuais: Cryptodira e Pleurodira. Os Cryptodira retraem o pescoço verticalmente para dentro do casco, já os Pleurodira retraem a cabeça flexionando o pescoço lateralmente (GAFFNEY, 1975).

A principal característica que distingue os quelônios dos demais répteis é o casco, uma adaptação de 220 milhões de anos, que contribuiu para o sucesso do grupo em ecossistemas terrestres, de água doce e marinhos (LYSON et al., 2016; SHAFFER et al., 2017). As espécies pertencentes a esse grupo são ectotérmicas, ovíparas e muitas delas possuem determinação do sexo dependente da temperatura (POUGH; HEISER; MCFARLAND, 1999).

Existem cerca de 356 espécies de quelônios no mundo, das quais sete foram extintas e 179 estão listadas como espécies ameaçadas pela União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN), categorizadas como Vulnerável, Em Perigo ou Criticamente em Perigo (STANFORD et al., 2018). O estado de ameaça do grupo se deve em grande parte à perda e fragmentação de habitats, às mudanças climáticas e à exploração predatória das espécies para diversos fins, como animal de estimação, recurso medicinal e, principalmente, fonte de alimentação (FERRARA et al., 2017; LOVICH et al., 2018).

Além disso, a história de vida do grupo o predispõe ao risco de extinção, uma vez que apresenta crescimento lento, maturidade sexual tardia e vida longa, resultando na baixa taxa de substituição de indivíduos nas populações (CONGDON; DUNHAM; VAN LOBEN SELS, 1993). Esses fatores tornam os quelônios vulneráveis às condições que aumentam a mortalidade de adultos ou diminuem drasticamente o recrutamento de jovens para a população, sendo fundamental a implementação de medidas de conservação (CONGDON; DUNHAM; VAN LOBEN SELS, 1993).

O declínio mundial das populações de quelônios prejudica os importantes papéis ecológicos que normalmente desempenham em seus habitats e ecossistemas (LOVICH et al. 2018). Dentre eles, herbivoria, controle de pragas, dispersão e germinação de sementes, ciclagem de nutrientes, limpeza de ecossistemas aquáticos e criação de heterogeneidade de

habitat por meio do pisoteio e escavação de tocas (FERRARA et al., 2017; LOVICH et al., 2018; STANFORD et al., 2018).

O Brasil está entre os cinco países com maior riqueza de espécies de quelônios, com 36 espécies, sendo 29 de água doce, cinco marinhas e duas terrestres (CANTARELLI; MALVASIO; VERDADE, 2014; COSTA; BÉRNILS, 2015). Na Amazônia ocorrem 18 espécies, das quais duas são terrestres e as demais são aquáticas ou semiaquáticas. Essas espécies estão distribuídas em cinco famílias: três (Kinosternidae, Geoemydidae e Testudinidae) são da subordem Cryptodira e duas (Podocnemididae e Chelidae) pertencem à subordem Pleurodira (FERRARA et al., 2017). A ampla diversidade de quelônios na Amazônia é um privilégio, mas também uma grande responsabilidade, já que exige esforços significativos de conservação (FERRARA et al., 2017).

1.1. Seleção de locais de nidificação

Os quelônios geralmente não fornecem cuidado parental aos ovos durante o período de incubação (CZAJA et al., 2020), portanto o sucesso de eclosão depende das características do local de desova. A umidade e temperatura dos ninhos são fundamentais para o desenvolvimento e sobrevivência dos embriões e o desempenho e razão sexual dos filhotes (KOLBE; JANZEN, 2002b; PIGNATI et al., 2013b; REFSNIDER; JANZEN, 2010; SPENCER, 2002).

A decisão sobre onde construir o ninho também afeta a sobrevivência da fêmea (SPENCER, 2002), o risco de predação dos ovos (CASTRO; FERREIRA JÚNIOR, 2008; KOLBE; JANZEN, 2002a) e a chance de os filhotes chegarem até a água (KOLBE; JANZEN, 2002c). Sendo assim, a seleção do local de desova é de grande importância para o sucesso reprodutivo dos quelônios (PIGNATI et al., 2013a; REFSNIDER; JANZEN, 2010).

A escolha do local de nidificação varia entre as espécies, que podem ser mais generalistas ou seletivas, e de acordo com o ambiente onde vivem (CASTRO; FERREIRA JÚNIOR, 2008; CULVER et al., 2020; FERRARA et al., 2017). Para encontrar um local que seja favorável para a incubação e eclosão dos ovos, os quelônios avaliam as características ambientais das praias (FERREIRA JÚNIOR, 2009). Dentre elas, a largura, altura e declive da praia (CULVER et al., 2020), orientação geográfica da praia (DOODY; WEST; GEORGES, 2009), cobertura vegetal (CZAJA et al., 2020), tamanho das partículas, umidade e conteúdo orgânico do solo (HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009), condições climáticas (REFSNIDER et al., 2014) e profundidade da água do rio (MILLER et al., 2014).

Além desses fatores ambientais, os quelônios também levam em consideração o risco de predação (BYER; REID; PEERY, 2019) e diversos fatores antrópicos ao selecionar o local do ninho, como a presença de atividades humanas (ALKINDI et al., 2006), resíduos (MAHBUB; AHMED; YEASMIN, 2020), veículos (BOWEN; JANZEN, 2008), iluminação artificial (PRICE et al., 2018), casas (QUINTANA et al., 2019) e outras estruturas antrópicas (MAZARIS; MATSINOS; MARGARITOU LIS, 2006).

1.2. Tartaruga-da-amazônia

A tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) da família Podocnemididae, é a maior espécie do gênero *Podocnemis*, podendo atingir até 109 cm (FERRARA et al., 2017). Sua área de ocorrência é ampla, sendo encontrada em quase todos os tributários das bacias do Orinoco e do Amazonas (FERRARA et al., 2017).

P. expansa é muito apreciada pelas populações ribeirinhas da bacia Amazônica. Historicamente, a tartaruga e seus ovos serviam como meio de subsistência e alimento, sua gordura era transformada em combustível para iluminação artificial e em cremes medicinais, e seus cascos eram usados para fazer ferramentas e peças decorativas (CANTARELLI; MALVASIO; VERDADE, 2014; CASAL et al., 2013). Devido a sobreexploração de ovos e adultos, inundação dos ninhos, desmatamento, construção de usinas hidrelétricas e mudanças climáticas, que alteram o regime hidrológico e interferem na razão sexual dos filhotes, a *P. expansa* passou a ser uma das espécies mais ameaçadas da Amazônia (EISEMBERG et al., 2016; FERRARA et al., 2017).

A fim de proteger a tartaruga-da-amazônia, a espécie foi incluída no Apêndice II da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Fauna e Flora Selvagem (CITES) junto às demais espécies do gênero *Podocnemis*. Além disso, consta na Lista Vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) como baixo risco de extinção (LC), mas dependente de conservação (TORTOISE & FRESHWATER TURTLE SPECIALIST GROUP, 1996).

No entanto, segundo uma nova avaliação realizada pelo o grupo de especialistas de jabutis e tartarugas de água doce da IUCN (*Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group - TFTSG*), *Podocnemis expansa* foi considerada Criticamente Ameaçada (CR) (STANFORD et al., 2018; VAN DIJK et al., 2014). Já no Brasil, seu estado de conservação é de Quase Ameaçada de extinção (NT) de acordo com uma avaliação nacional realizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (VOGT et al., 2015).

O comportamento reprodutivo da *P. expansa* é complexo (PORTELINHA et al., 2013). Suas populações desovam coletivamente em praias que aparecem ao longo dos rios durante a seca (ALHO; PÁDUA, 1982a) e mostram fidelidade aos locais de desova, retornando à mesma área a cada estação reprodutiva (PANTOJA-LIMA et al., 2009). É uma espécie seletiva ao escolher o local de desova, analisando as características das praias em busca de um local adequado à incubação dos ovos (CASTRO; FERREIRA JÚNIOR, 2008).

O desencadeamento do comportamento de nidificação da tartaruga-da-amazônia é sincronizado com a vazante dos rios, portanto o período de desova pode variar conforme o regime hidrológico do rio. O início da vazante estimula os adultos a migrarem dos lagos e áreas alagadas, onde são encontrados durante o período de cheia, em direção às praias de desova e o máximo da vazante desencadeia o processo de nidificação (ALHO; PÁDUA, 1982a).

Esse processo é composto por uma sequência de comportamentos estereotipados, sendo caracterizado por sete etapas: agregação da população em águas rasas próximas às praias de desova; subida à praia para se exporem ao sol e verificarem as condições de temperatura e umidade da área para definição do sítio de desova; deslocamento pela praia durante a noite e escolha do local específico de nidificação; escavação do ninho; desova; fechamento do ninho; e retorno ao rio (ALHO; PÁDUA, 1982b).

Após a desova, as fêmeas permanecem próximas à praia de nidificação até a eclosão dos ovos para migrar junto com os filhotes para as áreas de alimentação (FERRARA et al., 2017). O nascimento dos filhotes geralmente coincide com a subida do rio (ALHO; PÁDUA, 1982a) e adultos e filhotes migram juntos para a floresta alagada em busca de proteção e alimentação (FERRARA et al., 2017). No entanto, a subida dos rios muitas vezes acontece antes da eclosão matando a grande maioria dos embriões e, portanto, é considerada a principal causa de declínio da *P. expansa* em várias regiões da bacia amazônica (ALHO; PÁDUA, 1982a; EISEMBERG et al., 2016; FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006; PANTOJA-LIMA et al., 2009).

1.2.1. Potenciais ameaças à nidificação da tartaruga-da-amazônia

Em diversas áreas de ocorrência da tartaruga-da-amazônia, é comum a subida rápida do nível dos rios, fenômeno conhecido como repiquete, que provoca a inundação dos bancos arenosos e, frequentemente, o afogamento dos filhotes e embriões (FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2005). Para reduzir a perda de ninhos decorrente desse fenômeno natural, em

algumas regiões tem sido realizada a transferência de ninhos localizados em áreas baixas e próximas ao rio para áreas mais elevadas (RIBEIRO; NAVARRO, 2020).

Em vista disso, a altura do local de desova em relação ao nível do rio afeta significativamente o sucesso reprodutivo das tartarugas (CASTRO; FERREIRA JÚNIOR, 2008; FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006). Como estratégia para aumentar o sucesso de eclosão dos filhotes, as tartarugas-da-amazônia tendem a escolher locais elevados para desovar (FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006, 2010).

Outros fatores que são decisivos para a escolha do local de desova pela tartaruga-da-amazônia são substrato constituído por sedimentos arenosos e presença de locais amplos e profundos no rio, onde se agregam em frente à praia de nidificação (FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006). Por conta disso, apenas determinadas praias são selecionadas como sítios de nidificação pela tartaruga-da-amazônia, resultando na alta concentração de ninhos em áreas pequenas (FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006).

Distúrbios antrópicos também restringem a quantidade de áreas apropriadas para nidificação da tartaruga-da-amazônia. Já foi constatada uma significativa diminuição de ninhos de tartaruga-da-amazônia em alguns trechos dos rios da bacia Amazônica devido às perturbações do turismo e à intensa predação humana (SALERA JÚNIOR, 2005). Além disso, há relatos de mudança dos sítios de desova por tartarugas-da-amazônia por conta da excessiva movimentação de embarcações próximas às praias de nidificação, do uso de holofotes nas praias e da coleta massiva de ovos (CANTARELLI, 2006). Portanto, atividades antrópicas podem fazer com que a tartaruga-da-amazônia abandone os locais de nidificação tradicionais, migrando para áreas com menos perturbações (CANTARELLI, 2006; SALERA JÚNIOR, 2005; SPENCER, 2002).

Outro fator antrópico de grande impacto na nidificação da tartaruga-da-amazônia é o desmatamento. Segundo um estudo sobre a vulnerabilidade de tartarugas ao desmatamento na Amazônia brasileira, a *Podocnemis expansa* está entre as quatro espécies mais afetadas, com base na porcentagem da área potencial de distribuição perdida pelo desmatamento atual e previsto (FAGUNDES et al., 2018).

A perda de vegetação pode diminuir a estabilidade dos sedimentos onde ocorre nidificação, influenciar a vulnerabilidade dos ninhos e das fêmeas a predadores e alterar o teor de umidade e o ambiente térmico dos ninhos, afetando o desenvolvimento e a razão sexual dos filhotes (HANNAN et al., 2007; HERNÁNDEZ-CORTÉS et al., 2018; JANZEN, 1994; SPENCER; THOMPSON, 2003). Diante disso, algumas espécies de quelônios usam a

cobertura vegetal como critério para escolha do local de desova (JANZEN, 1994; SPENCER; THOMPSON, 2003).

Além disso, a intensificação do desmatamento pode alterar o balanço sedimentar do rio, que é de extrema importância para a dinâmica do canal e a formação dos bancos arenosos. A perda de vegetação também pode levar a um aumento da descarga hídrica, elevando o nível de água do rio, e alterar a evapotranspiração, podendo reduzir os níveis de precipitação na bacia hidrográfica (COSTA; BOTTA; CARDILLE, 2003; SANTOS et al., 2011). Portanto, a remoção de vegetação nativa pode alterar o ciclo reprodutivo da tartaruga-da-amazônia, que é extremamente sensível às ações antrópicas e modificações ambientais (BOUR, 2008; PORTO, 2013), e reduzir a disponibilidade de áreas de nidificação (STERRETT et al., 2011).

2. Referências

- ALHO, C. J. R.; PÁDUA, L. F. M. Sincronia entre o regime de vazante do rio e o comportamento de nidificação da tartaruga da Amazônia *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). **Acta Amazonica**, v. 12, n. 2, p. 323–326, 1982a.
- ALHO, C. J. R.; PÁDUA, L. F. M. Reproductive parameters and nesting behavior of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae) in Brazil. **Canadian Journal of Zoology**, v. 60, n. 1, p. 97–103, 1982b.
- ALKINDI, A. Y. A. et al. The effect of physical and human factors on beach selection by green turtles (*Chelonia mydas*) at Ras Al-Hadd Reserve, Oman. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 5, n. 2, p. 289–294, 2006.
- BOUR, R. Global diversity of turtles (Chelonii; Reptilia) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 593–598, 2008.
- BOWEN, K. D.; JANZEN, F. J. Human Recreation and the Nesting Ecology of a Freshwater Turtle (*Chrysemys picta*). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 7, n. 1, p. 95–100, 2008.
- BYER, N. W.; REID, B. N.; PEERY, M. Z. Implications of slow pace-of-life for nesting behavior in an armored ectotherm. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 73, n. 4, 2019.
- CANTARELLI, V. H. **Alometria reprodutiva da tartaruga-da Amazônia (*Podocnemis expansa*): bases biológicas para o manejo**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.
- CANTARELLI, V. H.; MALVASIO, A.; VERDADE, L. M. Brazil's *Podocnemis expansa* Conservation Program: Retrospective and Future Directions. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 13, n. 1, p. 124–128, 2014.
- CASAL, A. C. et al. Uso histórico y actual de las tortugas charapa (*Podocnemis expansa*) y terecay (*Podocnemis unifilis*) en la Orinoquia y la Amazonia. **Biota Colombiana**, v. 14, n. 1, p. 45–64, 2013.
- CASTRO, P. DE T. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Caracterização ecogeomorfológica das áreas de desova de quelônios de água doce (gênero *Podocnemis*) no entorno da Ilha do Bananal, Rio Araguaia. **Geografias**, v. 04, n. 1, p. 15–22, 2008.

- CONGDON, J. D.; DUNHAM, A. E.; VAN LOBEN SELS, R. C. Delayed Sexual Maturity and Demographics of Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*): Implications for Conservation and Management of Long-Lived Organisms. **Conservation Biology**, 1993.
- COSTA, H. C.; BÉRNILS, R. S. Répteis brasileiros: Lista de espécies 2015. **Herpetologia Brasileira**, v. 4, p. 75–93, 2015.
- COSTA, M. H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J. A. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. **Journal of Hydrology**, v. 283, n. 1–4, p. 206–217, 2003.
- CULVER, M. et al. Using lidar data to assess the relationship between beach geomorphology and Kemp's Ridley (*Lepidochelys kempii*) nest site selection along Padre Island, TX, United States. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, n. April, p. 1–14, 2020.
- CZAJA, R. A. et al. The role of nest depth and site choice in mitigating the effects of climate change on an oviparous reptile. **Diversity**, v. 12, n. 4, 2020.
- DOODY, J. S.; WEST, P.; GEORGES, A. Society for the study of amphibians and reptiles beach selection in nesting Pig-Nosed Turtles, *Carettochelus insculpta*. **Society**, v. 37, n. 1, p. 178–182, 2009.
- EISEMBERG, C. C. et al. Vulnerability of giant South American turtle (*Podocnemis expansa*) nesting habitat to climate-change-induced alterations to fluvial cycles. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 4, 2016.
- FAGUNDES, C. K. et al. Vulnerability of turtles to deforestation in the Brazilian Amazon: Indicating priority areas for conservation. **Biological Conservation**, v. 226, n. July, p. 300–310, 2018.
- FERRARA, C. R. et al. **Quelônios Amazônicos: Guia de identificação e distribuição**. Manaus: Wildlife Conservation Society, 2017.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D. Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 319–334, 2009.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D.; CASTRO, P. D. T. A. Nest placement of the giant amazon river turtle, *Podocnemis expansa*, in the Araguaia river, Goiás State, Brazil. **Ambio**, v. 34, n. 3, p. 212–217, 2005.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D.; CASTRO, P. D. T. A. Geological characteristics of the nesting areas of the giant Amazon river turtle (*Podocnemis expansa*) in the Crixás-Açu river in Goiás State, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 249–258, 2006.
- FERREIRA JÚNIOR, P. D.; CASTRO, P. T. A. Nesting ecology of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae) in the Javaés River, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 1, p. 85–94, 2010.
- GAFFNEY, E. A phylogeny and classification of the higher categories of turtles. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 155, n. 5, p. 387, 1975.
- HANNAN, L. B. et al. Dune vegetation fertilization by nesting sea turtles. **Ecology**, v. 88, n. 4, p. 1053–1058, 2007.
- HERNÁNDEZ-CORTÉS, J. A. et al. Natural beach vegetation coverage and type influence the nesting habitat of Hawksbill Turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Campeche, Mexico. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 17, n. 1, p. 94–103, 2018.

- HICKMAN, C. P. et al. **Princípios integrados de zoologia**. 16. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- HUGHES, G. N.; GREAVES, W. F.; LITZGUS, J. D. Nest-site selection by wood turtles (*Glyptemys insculpta*) in a thermally limited environment. **Northeastern Naturalist**, v. 16, n. 3, p. 321–338, 2009.
- JANZEN, F. J. Vegetational cover predicts the sex ratio of hatchling turtles in natural nests stable. **Ecology**, v. 75, n. 6, p. 1593–1599, 1994.
- KOLBE, J. J.; JANZEN, F. J. Spatial and temporal dynamics of turtle nest predation: Edge effects. **Oikos**, v. 99, n. 3, p. 538–544, 2002a.
- KOLBE, J. J.; JANZEN, F. J. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. **Ecology**, v. 83, n. 1, p. 269–281, 2002b.
- KOLBE, J. J.; JANZEN, F. J. Experimental analysis of an early life-history stage: water loss and migrating hatchling turtles. **Copeia**, v. 1, p. 220–226, 2002c.
- LI, C. et al. An ancestral turtle from the Late Triassic of southwestern China. **Nature**, v. 456, n. 7221, p. 497–501, 2008.
- LOVICH, J. E. et al. Where have all the turtles gone, and why does it matter? **BioScience**, v. 68, n. 10, p. 771–781, 2018.
- LYSON, T. R. et al. Fossorial origin of the turtle shell. **Current Biology**, v. 26, n. 14, p. 1887–1894, 2016.
- MAHBUB, R. BIN; AHMED, N.; YEASMIN, F. Towards reducing the data gap in the conservation efforts for sea turtles in Bangladesh. **Regional Studies in Marine Science**, v. 35, 2020.
- MAZARIS, A. D.; MATSINOS, Y. G.; MARGARITOULIS, D. Nest site selection of loggerhead sea turtles: The case of the island of Zakynthos, W Greece. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 336, p. 157–162, 2006.
- MICHELI-CAMPBELL, M. A. et al. Selectivity and repeated use of nesting sites in a freshwater turtle. **Herpetologica**, v. 69, n. 4, p. 383–396, 2013.
- MILLER, J. L. et al. Nest-site selection among reintroduced *Macrochelys temminckii*. **Southwestern Naturalist**, v. 59, n. 2, p. 188–192, 2014.
- PANTOJA-LIMA, J. et al. Seleção de locais de desova e sobrevivência de ninhos de quelônios *Podocnemis* no baixo rio Purus, Amazonas, Brasil. **Revista Colombiana Ciência Animal**, v. 1, n. 1, p. 37–59, 2009.
- PIGNATI, M. T. et al. Nesting site and hatching success of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in a floodplain area in lower Amazon River, Pará, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 8, n. 3, p. 175–185, 2013a.
- PIGNATI, M. T. et al. Effects of the nesting environment on embryonic development, sex ratio, and hatching success in *podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in an area of várzea floodplain on the lower amazon river in Brazil. **Copeia**, n. 2, p. 303–311, 2013b.
- PORTELINHA, T. C. G. et al. Reproductive Allometry of *Podocnemis expansa* (Testudines: Podocnemididae) in Southern Brazilian Amazon. **Journal of Herpetology**, v. 47, n. 2, p. 232–236, 2013.

- PORTO, J. N. L. **Parâmetros ecofisiológicos de *Podocnemis expansa*: efeito dos avanços da agropecuária**. Dissertação (Mestrado Acadêmico). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2013.
- POUGH, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. **A vida dos vertebrados**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1999.
- PRICE, J. T. et al. Exploring the role of artificial lighting in loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nest-site selection and hatchling disorientation. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 13, n. 2, p. 415–422, 2018.
- QUINTANA, I. et al. Nest removal by humans creates an evolutionary trap for Amazonian freshwater turtles. **Journal of Zoology**, v. 309, n. 2, p. 94–105, 2019.
- REFSNIDER, J. M. et al. Population sex ratios under differing local climates in a reptile with environmental sex determination. **Evolutionary Ecology**, v. 28, n. 5, p. 977–989, 2014.
- REFSNIDER, J. M.; JANZEN, F. J. Putting eggs in one basket: Ecological and evolutionary hypotheses for variation in oviposition-site choice. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, n. 1, p. 39–57, 2010.
- RHODIN, A. G. J. et al. Global conservation status of turtles and tortoises (Order Testudines). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 17, n. 2, p. 135–161, 2018.
- RIBEIRO, T. N. L.; NAVARRO, R. D. Transplantation of nest of Amazonian turtle *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812). **Bioscience Journal**, v. 36, n. 6, p. 2255–2265, 2020.
- SALERA JÚNIOR, G. **Avaliação da biologia reprodutiva, predação natural e importância social em quelônios com ocorrência na bacia do Araguaia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2005.
- SANTOS, A. C. DOS et al. **Sensoriamento remoto aplicado ao manejo de quelônios de água doce no Rio Araguaia, estado de Goiás**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Anais[...] Curitiba: INPE, 2011
- SHAFFER, H. B. et al. Phylogenomic analyses of 539 highly informative loci dates a fully resolved time tree for the major clades of living turtles (Testudines). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 115, p. 7–15, 2017.
- SPENCER, R. J. Experimentally testing nest site selection: Fitness trade-offs and predation risk in turtles. **Ecology**, v. 83, n. 8, p. 2136–2144, 2002.
- SPENCER, R. J.; THOMPSON, M. B. The significance of predation in nest site selection of turtles: An experimental consideration of macro- and microhabitat preferences. **Oikos**, v. 102, n. 3, p. 592–600, 2003.
- STANFORD, C. et al. **Turtles in trouble: The world's 25+ most endangered tortoises and freshwater turtles - 2018**. Ojai, CA: Turtle Conservation Coalition, 2018.
- STERRETT, S. C. et al. The conservation implications of riparian land use on river turtles. **Animal Conservation**, v. 14, n. 1, p. 38–46, 2011.
- TORTOISE & FRESHWATER TURTLE SPECIALIST GROUP. *Podocnemis expansa*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 1996.
- VAN DIJK, P. P. et al. Turtles of the world, 7th Edition: Annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution with maps, and conservation status. **Chelonian Research**

Monographs. 2014.

VOGT, R. C. et al. **Avaliação do risco de extinção de *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira.**

Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/estado-de-conservacao/7431-repteis-podocnemis-expansa-tartaruga-da-amazonia2>>.

WARNER, D. A.; ANDREWS, R. M. Nest-site selection in relation to temperature and moisture by the lizard *Sceloporus undulatus*. **Herpetologica**, v. 58, n. 4, p. 399–407, 2002.

CAPÍTULO 1

FATORES QUE AFETAM A SELEÇÃO DE LOCAIS DE NIDIFICAÇÃO POR TARTARUGAS DE ÁGUA DOCE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Resumo

A seleção do local de nidificação é um comportamento muito importante, especialmente em espécies que não apresentam cuidado parental, pois o microclima do ninho pode impactar significativamente o desenvolvimento e sobrevivência dos embriões. Diversos estudos já identificaram variáveis que afetam a seleção do local de desova pelas tartarugas, porém ainda não existe uma síntese desses dados. Esse capítulo tem por objetivo sintetizar os fatores que afetam a seleção de locais de nidificação por tartarugas de água doce e identificar possíveis tendências e lacunas na literatura científica acerca desse tema por meio de uma revisão sistemática. A busca foi realizada na base de dados *Web of Science*. No total, foram encontrados 413 estudos, mas apenas 35 atenderam aos critérios de elegibilidade. A grande maioria dos estudos foi realizada nos Estados Unidos e a espécie mais estudada foi a *Chrysemys picta*. Os artigos investigam uma grande diversidade de fatores que podem afetar a seleção do local de nidificação. Os fatores ambientais, principalmente as características da vegetação, propriedades do solo e morfologia das praias, são os mais estudados. As tartarugas avaliam esses parâmetros para assegurar níveis adequados de temperatura e umidade durante a incubação dos ovos. A influência de fatores antrópicos tem sido cada vez mais estudada, em especial as áreas residenciais e campos agrícolas. Alguns estudos sugerem que os habitats alterados pelo homem podem funcionar como armadilhas ecológicas, enfatizando a necessidade de mais pesquisas sobre a influência de fatores antrópicos na seleção de locais de nidificação. Os demais fatores investigados (como risco de predação, tamanho das fêmeas e fenótipo dos filhotes) receberam pouca atenção. Visto que a decisão de uma fêmea sobre onde construir seu ninho pode variar geograficamente e temporalmente, pesquisas de longa duração com espécies de ampla distribuição geográfica têm muito a oferecer para embasar o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo. Além disso, sugere-se que estudos futuros incluam a manipulação experimental de variáveis específicas para identificar os fatores mais relevantes na seleção de locais de nidificação.

Palavras-chave: Quelônios; Testudines; Seleção de habitat; Desova; Oviposição.

1. Introdução

A seleção do local de nidificação pode ser definida como a escolha, pela fêmea, de um determinado local para construção do ninho que difere de locais aleatórios dentro de uma área delimitada (WILSON, 1998). Em espécies ovíparas, a decisão sobre onde nidificar é importante para o sucesso reprodutivo, uma vez que o local do ninho afeta o desenvolvimento e a sobrevivência dos ovos, o fenótipo e o desempenho dos filhotes e a sobrevivência das fêmeas (DELANEY; JANZEN, 2018; ERICKSON; FARIAS; ZUANON, 2020; REFSNIDER; JANZEN, 2010). Portanto, a seleção do local de desova é muito importante para os animais ovíparos, em particular para os quelônios, que apresentam cuidado parental mínimo e, em muitas de suas espécies, determinação sexual dependente da temperatura (CZAJA et al., 2020; PIGNATI et al., 2013a).

Como os quelônios não fornecem assistência, proteção e termorregulação aos ovos após a oviposição (CZAJA et al., 2020; WILSON, 1998), são as características do local de

desova que vão determinar a temperatura e umidade da incubação dos ovos (PIGNATI et al., 2013b). Portanto, em espécies com determinação sexual dependente da temperatura, é o microclima do ninho que irá determinar a razão sexual dos filhotes. Dessa forma, a escolha do local de desova afeta não só a sobrevivência dos embriões, mas também o fenótipo da prole (NAVARRO; ALVES, 2021; REFSNIDER; JANZEN, 2010), desempenhando um papel significativo nos parâmetros demográficos a nível de população e nas pressões seletivas que atuam sobre os indivíduos (REFSNIDER, 2016), com grande importância ecológica e evolucionária (KOLBE; JANZEN, 2002b).

Diante disso, os quelônios procuram locais adequados para a nidificação de acordo com diversos fatores ambientais e antrópicos (MAHBUB; AHMED; YEASMIN, 2020; QUINTANA et al., 2019). Identificar os fatores que influenciam a seleção do local de desova por quelônios é importante para sua conservação, visto que a localização do ninho traz consequências relevantes para o sucesso reprodutivo desse grupo cuja história de vida é caracterizada por baixas taxas de recrutamento de indivíduos. Com essa informação, é possível prever o potencial adaptativo das espécies às mudanças ambientais e determinar a vulnerabilidade dos quelônios a diferentes ameaças (REFSNIDER; JANZEN, 2010).

Apesar de vários estudos já terem identificado fatores ambientais e antrópicos que influenciam a seleção de locais de nidificação por quelônios de água doce (QUINTANA et al., 2019), ainda não existe uma síntese desses dados. À vista disso, foi realizada uma revisão sistemática sobre os fatores que afetam a seleção de locais de nidificação por tartarugas de água doce para realizar uma síntese dessas informações e identificar possíveis tendências e lacunas na literatura científica. Com isso, espera-se oferecer uma base teórica para subsidiar o desenvolvimento de estratégias de conservação e mitigação de impactos para populações de quelônios de água doce.

2. Métodos

A revisão sistemática da literatura científica foi realizada conforme recomendação do *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) statement* (PAGE et al., 2021), que fornece uma lista de itens a serem seguidos e descritos em revisões sistemáticas e meta-análises para aumentar a transparência, diminuir o viés de publicação e melhorar o relato desses estudos. A pesquisa bibliográfica foi realizada usando como base de dados a coleção principal do *Web of Science* e abrangeu todos os artigos científicos publicados até o dia 10 de janeiro de 2021.

Para obter o máximo de publicações relevantes, foram buscados artigos que tenham em seu título, resumo ou palavras-chave os termos em inglês demonstrados no quadro 1. Para isso, foi usada a seguinte combinação de termos: (turtle* OR tortoise* OR cheloni* OR testudin*) AND ("nest* site*" OR "nest* place*" OR "nest* location*" OR "nest* area*" OR "nest* beach*" OR "nest* habitat") AND (choice OR select*). Na busca de termos, não foi especificado que o foco da revisão são as tartarugas de água doce, pois o termo “água doce” pode não aparecer no título, resumo ou palavras-chave de alguns artigos, podendo ser citado apenas a espécie, e não o seu habitat. Da mesma forma, termos relativos à influência de fatores não foram incluídos na busca, pois muitas vezes não estão presentes em artigos sobre o tema.

Quadro 1. Termos em inglês usados na busca por artigos sobre a seleção de locais de desova por tartarugas.

Relacionados a tartaruga	<i>Turtle, tortoise, chelonia, testudines</i>
Relacionados a local de desova	<i>Nest site, nesting place, nest location, nesting area, nesting beach, nesting habitat</i>
Relacionados a seleção	<i>Selection, choice</i>

Como critérios de elegibilidade, os artigos tinham que (1) investigar os fatores que influenciam a seleção do local de desova por tartarugas; (2) analisar tartarugas de água doce; e (3) ser um artigo de pesquisa científica. Dois revisores selecionaram independentemente os artigos que atendem a esses critérios de elegibilidade com base nos títulos e resumos. As designações foram comparadas e as discrepâncias foram resolvidas consultando um terceiro revisor.

O texto completo das publicações selecionadas foi lido para conferir quais artigos realmente atenderam aos critérios de elegibilidade e para obter as seguintes informações: (1) autores e ano de publicação, (2) espécies de tartarugas, (3) fatores avaliados que podem influenciar a seleção do local do ninho, (4) método utilizado e (5) país onde foi realizado o estudo. Os dados extraídos de cada artigo foram tabulados e, posteriormente, transferidos para planilhas do Microsoft Excel, onde foram gerados os gráficos e um mapa com a quantidade de artigos publicados por país.

Os fatores avaliados pelos artigos foram classificados em: características da vegetação (cobertura vegetal, de dossel e de serapilheira, altura e tipo de vegetação e distância até vegetação); características do substrato (tamanho das partículas, conteúdo orgânico, temperatura e umidade do solo); morfologia da praia (elevação, área, largura e comprimento das praias, declive e orientação geográfica); fatores relacionados ao rio (profundidade e distância ao rio); condições climáticas (data de degelo, latitude e condições ambientais); risco

de predação; pistas de coespecíficos (pistas visuais e olfativas de indivíduos da mesma espécie); tamanho das fêmeas; fenótipo dos filhotes (tamanho dos ovos); áreas residenciais; uso antrópico da terra (agricultura e uso industrial); e intensidade das atividades antrópicas. Devido à grande variedade de escalas espaciais, tamanhos de amostra, métodos estatísticos, contextos e outros aspectos entre os artigos revisados, não foi viável realizar uma meta-análise.

3. Resultados

Ao realizar a busca, foram encontrados 413 estudos, dos quais apenas 35 atenderam aos critérios de elegibilidade elencados acima (Figura 1). A estratégia de busca foi conduzida de forma bem abrangente para incluir o máximo de artigos relevantes presentes na base de dados *Web of Science*. Com isso, foi possível constatar que muitos estudos sobre esse tema têm como enfoque a plasticidade desse comportamento materno e as consequências para o sucesso reprodutivo, não avaliando os fatores que podem influenciar essa escolha da tartaruga. Também ficou evidente que a maioria dos artigos que investigam fatores que afetam a seleção de locais de nidificação em tartarugas envolve tartarugas marinhas e não tartarugas de água doce, que é o enfoque desta revisão sistemática.

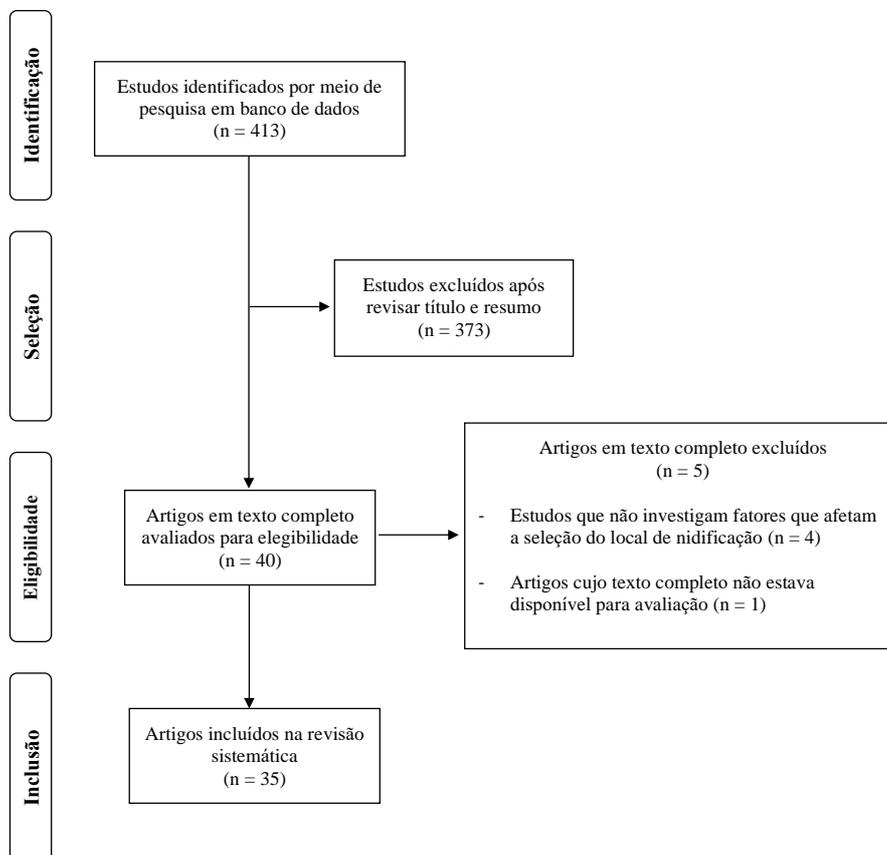


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção das publicações que foram incluídas na revisão sistemática.

O primeiro artigo sobre fatores que influenciam a seleção dos locais de nidificação por tartarugas de água doce foi publicado em 1987 (SCHWARZKOPF; BROOKS, 1987) e, a partir de 2012, artigos sobre o tema têm sido publicados anualmente, alcançando cinco publicações em 2013 (Figura 2).

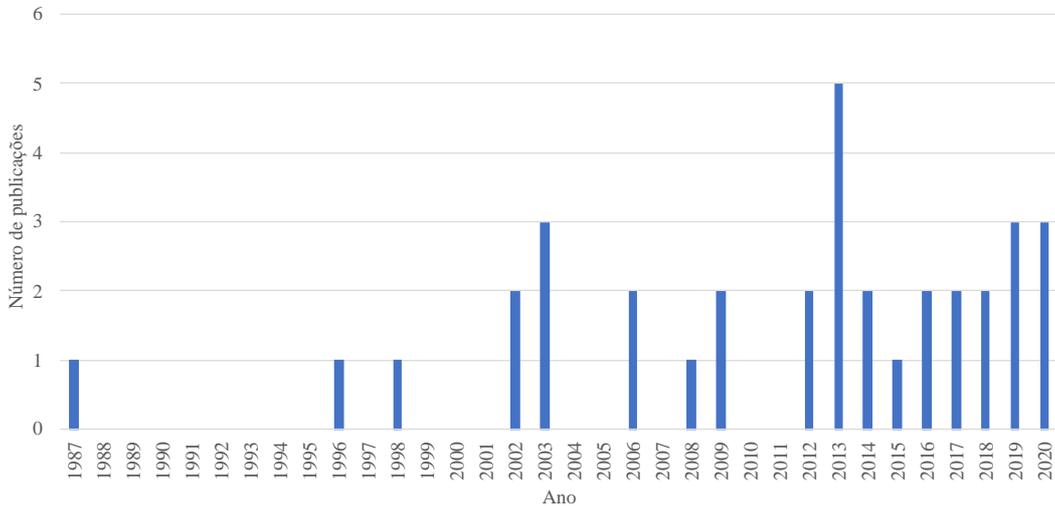


Figura 2. Quantidade de artigos publicados por ano sobre fatores que influenciam a seleção de locais de nidificação por tartarugas de água doce.

A maioria dos estudos foi realizada nos Estados Unidos (20 artigos, 57%), seguido pela Austrália (5 artigos, 14%), Canadá (4 artigos, 11%) e Brasil (3 artigos, 9%) (Figura 3). No total, foram estudadas 14 espécies. *Chrysemys picta* foi a espécie mais estudada (13 artigos, 37%), seguida de *Podocnemis unifilis* (4 artigos, 11%), *Chelydra serpentina* e *Malaclemys terrapin* (3 artigos cada) (Figura 4).



Figura 3. Número de publicações por país.

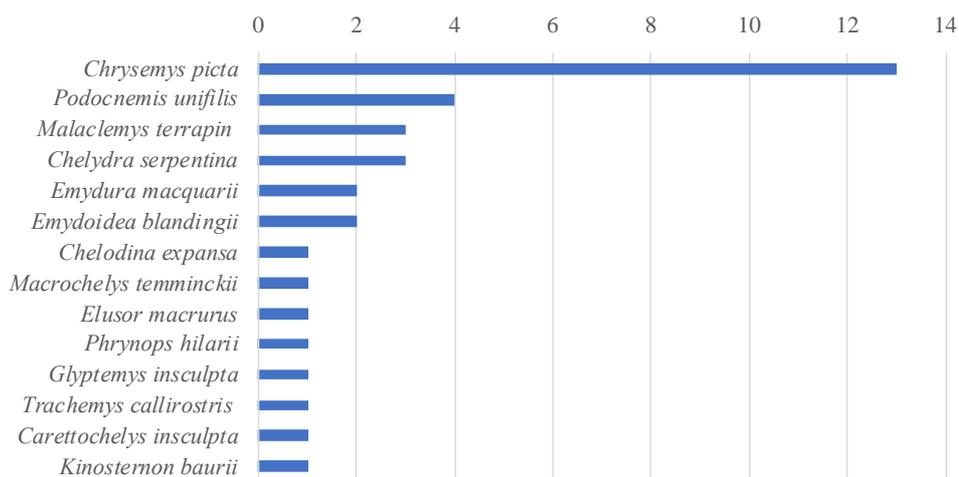


Figura 4. Número de publicações por espécie estudada.

Os estudos avaliam uma grande diversidade de variáveis que podem afetar a seleção do local de desova (Quadro 2). As variáveis mais estudadas estão relacionadas a fatores ambientais, como características da vegetação (19 estudos, 54%), características do substrato (12 estudos, 34%), morfologia da praia (11 estudos, 31%) e fatores relacionados ao rio (8 estudos, 23%). Além disso, a influência do risco de predação (5 estudos, 14%) e de fatores antrópicos, como a influência de áreas residenciais (4 estudos, 11%), uso antrópico da terra (3 estudos, 9%) e intensidade das atividades antrópicas (2 estudos, 6%), também foram avaliadas (Figura 5).

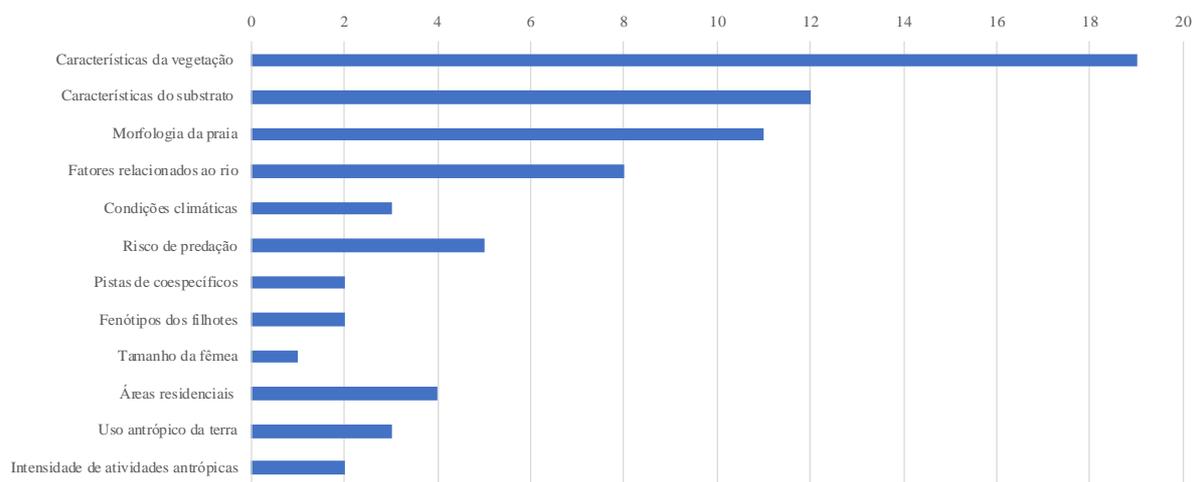


Figura 5. Número de publicações por fatores investigados.

Quadro 2. Descrição dos artigos sobre fatores que influenciam a seleção de locais de nidificação por tartarugas de água doce.

Referência	Espécie	Fatores investigados que podem influenciar a seleção do local de desova	Método utilizado	Área de estudo
Erickson et al., 2020	<i>Podocnemis unifilis</i>	Substrato, Tamanho da fêmea	Comparativo (locais de nidificação em bancos de areia versus bancos de argila)	Brasil

Referência	Espécie	Fatores investigados que podem influenciar a seleção do local de desova	Método utilizado	Área de estudo
Delaney e Janzen, 2020	<i>Chrysemys picta</i>	Risco de predação	Experimental (predação simulada) e comparativo (local de nidificação escolhido antes e depois)	EUA
Czaja et al., 2020	<i>Malaclemys terrapin</i>	Cobertura vegetal do solo, Cobertura do dossel	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Quintana et al., 2019	<i>Podocnemis unifilis</i>	Assentamentos ribeirinhos, Diferentes intensidades na atividade humana, Tamanho da área de nidificação, Tipo de local de nidificação (ilha ou banco), Presença de árvores, Características do solo	Comparativo (variáveis ambientais e antropogênicas versus variáveis de resposta na área de nidificação)	Brasil
Pruett et al., 2019	<i>Chrysemys picta</i>	Cobertura do dossel, Temperatura do solo	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Byer et al., 2019	<i>Emydoidea blandingii</i>	Riso de predação, Temperatura ambiente	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Delaney et al., 2018	<i>Chelydra serpentina</i>	Habilidade de dispersão dos filhotes	Experimental (ninhos artificiais) e comparativo (local dos ninhos versus habilidade de dispersão dos filhotes)	EUA
Petrov et al., 2018	<i>Chelodina expansa</i>	Elevação, Distância até a água, Cobertura vegetal do solo, Cobertura do dossel, Tipo de habitat	Comparativo (locais com ninho versus sem ninho)	Austrália
Mitchell et al., 2017	<i>Chrysemys picta</i>	Data de degelo	Experimental (simulação de data de degelo antecipada e tardia) e comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Thompson et al., 2017	<i>Chelydra serpentina</i>	Uso antrópico da terra (contaminação do solo por mercúrio)	Comparativo (seleção do local de nidificação em áreas poluídas por mercúrio versus áreas de referência)	EUA
Iverson et al., 2016	<i>Chrysemys picta</i>	Odor de ninhos anteriores	Experimental (locais tratados com urina) e comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Mui et al., 2016	<i>Emydoidea blandingii</i>	Agricultura	Comparativo (seleção do local de nidificação em um parque versus uma área agrícola)	Canadá
Refsnider et al., 2015	<i>Chrysemys picta bellii</i>	Risco de predação	Experimental (modelos para estimar predação) e comparativo (distância do ninho a água versus sobrevivência da fêmea e do ninho)	EUA
Refsnider et al., 2014	<i>Chrysemys picta bellii</i>	Condições climáticas locais (latitude)	Comparativo (seleção do local de desova em praias com diferentes latitudes)	EUA
Miller et al., 2014	<i>Macrochelys temminckii</i>	Distância horizontal do local ao litoral, Elevação, Declive no local e na água, Profundidade da água, Cobertura de dossel, Cobertura vegetal do solo	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Pignati et al., 2013	<i>Podocnemis unifilis</i>	Distância da vegetação, Distância até a água, Altura do ninho, Declive, Tamanho dos grãos	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	Brasil
Micheli-Campbell et al., 2013	<i>Elusor macrurus</i>	Largura, elevação e declive do banco, Comprimento do banco no topo e na margem, Orientação geográfica do banco, Características do solo	Comparativo (praias com versus sem ninhos)	Austrália
López et al., 2013	<i>Phrynops hilarii</i>	Tipos de habitat	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	Argentina
Mitchell e Walls, 2013	<i>Malaclemys terrapin</i>	Cobertura do dossel, Cobertura vegetal do solo	Comparativo (frequência observada e esperada dos	EUA

Referência	Espécie	Fatores investigados que podem influenciar a seleção do local de desova	Método utilizado	Área de estudo
Refsnider et al., 2013	<i>Chrysemys picta bellii</i>	Sombreamento	Comparativo (uso versus disponibilidade)	EUA
Refsnider e Janzen, 2012	<i>Chrysemys picta</i>	Condições ambientais	Experimental (populações transplantadas)	EUA
Foley et al., 2012	<i>Chrysemys picta</i>	Cobertura do solo em ambiente antrópico	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Escalona et al., 2009	<i>Podocnemis unifilis</i>	Cobertura vegetal, Cobertura de folhas, Características do solo (umidade, tamanho das partículas e temperatura), Elevação, Declive, Distância até a água, Distância da vegetação mais próxima, Facilitação social	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	Venezuela
Hughes et al., 2009	<i>Glyptemys insculpta</i>	Características do solo (umidade, conteúdo orgânico, tamanho das partículas e temperatura), Distância até a água, Distância da vegetação mais próxima, Características das praias (elevação e vegetação)	Comparativo (ninhos reais versus ninhos falsos em praias onde nidificam e não nidificam)	Canadá
Bowen e Janzen, 2008	<i>Chrysemys picta</i>	Intensidade de recreação humana (número de veículos recreativos)	Comparativo (número de veículos recreativos no dia versus seleção do local de nidificação)	EUA
Restrepo et al., 2006	<i>Trachemys callirostris callirostris</i>	Cobertura vegetal, Tipos de solo, Distância da água	Comparativo (uso versus disponibilidade)	Colômbia
Hughes e Brooks, 2006	<i>Chrysemys picta marginata</i>	Cobertura do dossel, Cobertura vegetal do solo, Declive, Orientação geográfica do declive, Albedo	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	Canadá
Spencer e Thompson, 2003	<i>Emydura macquarii</i>	Risco de predação, Altura da vegetação	Experimental (retirada de raposas e corte de grama) e comparativo (variáveis em locais aleatórios versus ninhos)	Austrália
Morjan, 2003	<i>Chrysemys picta bellii</i>	Condições climáticas	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos em New Mexico e Illinois)	EUA
Doody et al., 2003	<i>Carettochelys insculpta</i>	Temperatura e umidade do solo, Altura da praia, Declive da praia, Orientação geográfica da praia, Profundidade da água na abordagem, Altura da linha de areia coesa, Exposição solar	Comparativo (praias com versus sem ninho)	Austrália
Spencer, 2002	<i>Emydura macquarii</i>	Risco de predação	Experimental (retirada de raposas) e comparativo (áreas de retirada versus áreas controle)	Austrália
Kolbe e Janzen, 2002	<i>Chelydra serpentina</i>	Tipo de habitat, Proximidade a casas, Declive, Orientação geográfica do declive, Distância da água, Cobertura de dossel, Cobertura do solo, Características da vegetação	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos e frequência observada e esperada dos ninhos)	EUA
Wilson, 1998	<i>Kinosternon baurii</i>	Cobertura vegetal do solo, Características do solo (conteúdo orgânico, umidade e textura)	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Roosenburg, 1996	<i>Malaclemys terrapin</i>	Tamanho do ovo	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	EUA
Schwarzkopf e Brooks, 1987	<i>Chrysemys picta</i>	Distância, altura e tipo da vegetação mais próxima, Densidade da cobertura vegetal Declive	Comparativo (locais aleatórios versus ninhos)	Canadá

4. Discussão

A maioria dos estudos que investigaram possíveis fatores que influenciam a seleção do local de nidificação pelas tartarugas de água doce teve uma abordagem comparativa e focou em determinar se existem diferenças entre as variáveis dos ninhos e de locais aleatórios. Outros estudos usaram um método experimental, que envolveu a manipulação de uma variável para determinar se alterações nessa variável causam mudanças na seleção dos locais de nidificação. Segundo Wilson (1998), a abordagem comparativa permite avaliar as necessidades de habitat das fêmeas reprodutoras, mas a abordagem experimental fornece informações mais definitivas sobre as possíveis consequências da seleção de habitat, o que ajuda os pesquisadores a tomar decisões mais bem fundamentadas sobre o manejo do habitat.

O primeiro estudo que avaliou possíveis variáveis que afetam a seleção do local de nidificação em tartarugas de água doce foi publicado há mais de três décadas (SCHWARZKOPF; BROOKS, 1987). Somente a partir de 2012 os estudos passaram a ser publicados anualmente, mas não houve um aumento gradual do número de estudos ao longo do tempo. A maioria das publicações está concentrada na América do Norte, principalmente nos Estados Unidos, onde mais da metade dos estudos foi realizada. Não houve registro de estudos na Europa, Ásia e África. Esse enviesamento geográfico das publicações pode ser devido à revisão sistemática se restringir a artigos publicados em inglês na base de dados da *Web of Science*. Esta plataforma foi selecionada devido à sua relevância (CAVACINI, 2015) e abrangência (BRAMER et al., 2017), mas a utilização de uma única base de dados pode ter excluído alguns estudos sobre fatores que influenciam a seleção do local de nidificação por tartarugas de água doce.

A espécie mais estudada é a *Chrysemys picta*, que foi objeto de estudo da maioria das pesquisas realizadas nos Estados Unidos e de duas pesquisas realizadas no Canadá. A segunda espécie mais estudada é a *Podocnemis unifilis*, que foi a única espécie investigada pelo Brasil e pela Venezuela. Em seguida, as espécies mais estudadas foram a *Chelydra serpentina* e *Malaclemys terrapin*, ambas foco de estudos realizados nos Estados Unidos.

Dentre os fatores que podem influenciar a seleção do local de nidificação, o mais investigado é a vegetação, que desempenha um papel importante nas condições térmicas experimentadas pelos embriões. Estudos realizados na América do Norte e na Austrália demonstraram que algumas tartarugas de água doce selecionam locais de nidificação em áreas abertas e expostas ao sol, com pouca ou nenhuma vegetação (CZAJA et al., 2020; HUGHES; BROOKS, 2006; HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009; MILLER et al., 2014;

MITCHELL; WALLS, 2013; PETROV et al., 2018; PRUETT; ADDIS; WARNER, 2019; SCHWARZKOPF; BROOKS, 1987; SPENCER; THOMPSON, 2003).

Essa preferência por locais com pouca ou nenhuma vegetação provavelmente se deve porque aumenta a probabilidade de os ovos serem incubados em temperaturas ideais para o desenvolvimento (CZAJA et al., 2020; MILLER et al., 2014; PRUETT; ADDIS; WARNER, 2019; WILSON, 1998). Ademais, temperaturas mais elevadas minimizam o período de incubação, o que aumenta a chance de sobrevivência dos filhotes (HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009; PETROV et al., 2018; SPENCER; THOMPSON, 2003). Além disso, áreas distantes da vegetação reduzem a probabilidade de predação (THOMPSON et al., 2017), evitam a invasão do ninho por raízes (HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009) e facilitam a construção da cavidade do ninho (PETROV et al., 2018).

Por outro lado, estudos realizados na América do Sul indicam que algumas espécies e populações de tartarugas de água doce selecionam locais de nidificação próximos à vegetação, evitando áreas abertas (PIGNATI et al., 2013a; QUINTANA et al., 2019; RESTREPO; PIÑEROS; PÁEZ, 2006). A sombra fornecida pelas árvores permite que os ninhos mantenham níveis adequados de temperatura e umidade durante a incubação dos ovos (PIGNATI et al., 2013a; QUINTANA et al., 2019; REFSNIDER; WARNER; JANZEN, 2013). Além de diminuir a variação de temperatura e umidade do ninho, a vegetação ajuda a reduzir o estresse térmico da fêmea e a detecção por predadores (RESTREPO; PIÑEROS; PÁEZ, 2006).

Wilson (1998) sugere que a seleção de locais de nidificação com base na cobertura vegetal pode ser explicada pelo tamanho da tartaruga. Segundo ele, as espécies menores preferem nidificar em áreas com cobertura vegetal para proteger seus embriões dos extremos térmicos, uma vez que cavam ninhos relativamente mais rasos do que as espécies maiores, que atingem temperaturas diárias mais altas. Em compensação, as espécies maiores, por cavarem ninhos relativamente mais profundos, preferem nidificar em áreas abertas para que os ovos possam atingir a temperatura de incubação adequada para o desenvolvimento embrionário (WILSON, 1998). Outro estudo demonstrou que em indivíduos da mesma espécie acontece o contrário: as fêmeas maiores selecionam locais de nidificação mais próximos da vegetação. Os pesquisadores sugerem que as fêmeas mais maduras ocupam os melhores locais e que as fêmeas menores evitam a competição com os indivíduos mais dominantes da população nidificando em locais distantes da vegetação (ERICKSON; FARIAS; ZUANON, 2020).

A seleção de locais de nidificação com base na cobertura vegetal também pode ser uma forma de as tartarugas controlarem a razão sexual da sua prole (CZAJA et al., 2020; ROOSENBERG, 1996). Roosenburg (1996) demonstrou que fêmeas de *Malaclemys terrapin* que produzem ovos grandes preferem nidificar em áreas abertas e as que produzem ovos menores selecionam locais com vegetação. O autor sugere que isso é um mecanismo para enviesar a razão sexual dos filhotes, pois, como é vantajoso os filhotes maiores serem do sexo feminino, as fêmeas optam por colocar os ovos grandes em locais onde a temperatura da incubação será maior, aumentando a chance de nascerem fêmeas.

Um outro estudo corrobora esta evidência de que as fêmeas alteram a seleção do local de nidificação de acordo com o fenótipo dos filhotes. Delaney e Janzen (2018) demonstraram que as fêmeas que produzem filhotes mais pesados e, portanto, com maior habilidade de dispersão, constroem ninhos mais distantes da água do que as que produzem filhotes mais leves. Os autores sugerem que as fêmeas que produzem bons dispersores escolhem locais mais distantes da água para reduzir o risco de predação dos ninhos, enquanto que as fêmeas que produzem filhotes mais leves nidificam mais próximo à água porque seus filhotes são menos capazes de sobreviver durante a dispersão a distâncias maiores (DELANEY; JANZEN, 2018).

Outro fator importante para a seleção do local de desova pelas tartarugas é o substrato (DOODY; WEST; GEORGES, 2003; ERICKSON; FARIAS; ZUANON, 2020; HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009; QUINTANA et al., 2019; RESTREPO; PIÑEROS; PÁEZ, 2006). A seleção de características específicas do solo pode estar associada à possibilidade ou facilidade com que ninhos adequados podem ser construídos (DOODY; WEST; GEORGES, 2003; RESTREPO; PIÑEROS; PÁEZ, 2006) e à relação entre o tamanho dos grãos e a retenção de calor e umidade do substrato (ERICKSON; FARIAS; ZUANON, 2020; HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009; RESTREPO; PIÑEROS; PÁEZ, 2006).

Solos secos e arenosos aquecem mais rapidamente ao sol do que solos mais úmidos e ricos em argila, e solos arenosos não retêm água tão bem quanto solos ricos em matéria orgânica (ERICKSON; FARIAS; ZUANON, 2020; HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009). Essas características físicas dos diferentes tipos de substrato afetam a duração de incubação dos ovos, a razão sexual, o crescimento e a sobrevivência dos filhotes (ERICKSON; FARIAS; ZUANON, 2020).

Algumas espécies selecionam locais com substrato mais úmido para nidificar (DOODY; WEST; GEORGES, 2003; RESTREPO; PIÑEROS; PÁEZ, 2006; WILSON, 1998), evitando que a consistência friável da areia dificulte a construção do ninho (DOODY;

WEST; GEORGES, 2003). Já a *Glyptemys insculpta*, no Canadá, escolhe locais arenosos formados por grãos relativamente grandes, pois o solo seco e pouco húmico promove o aquecimento necessário para a incubação dos ovos (HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009).

Quanto às características das praias, os fatores mais estudados são elevação, declive e orientação geográfica. A elevação das praias em relação ao nível do rio é uma característica importante na seleção de áreas de nidificação por quelônios, pois ninhos situados em áreas mais baixas podem estar mais propensos a alagamentos (CASTRO; FERREIRA JÚNIOR, 2008). Nessa revisão sistemática, todos os estudos em que a elevação da praia foi considerada um fator significativo na seleção dos locais de nidificação indicaram que as tartarugas selecionam regiões elevadas para nidificar (HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009; MILLER et al., 2014; PETROV et al., 2018; PIGNATI et al., 2013a).

O declive e sua orientação geográfica influenciam as características térmicas do local, uma vez que determina a quantidade de radiação solar direta recebida (MICHELI-CAMPBELL et al., 2013; MILLER et al., 2014). Já foi demonstrado que as tartarugas selecionam encostas voltadas para o sul no Hemisfério Norte (MILLER et al., 2014; SCHWARZKOPF; BROOKS, 1987) e encostas voltadas para o norte no Hemisfério Sul (MICHELI-CAMPBELL et al., 2013), por apresentarem temperaturas médias diárias maiores que nos demais locais. Além disso, algumas tartarugas preferem nidificar em encostas mais íngremes para evitar a inundação dos ninhos em períodos de chuvas fortes (MILLER et al., 2014).

A distância dos ninhos até o rio é outro fator importante na escolha do local de nidificação porque influencia o risco de inundação dos ninhos, predação das fêmeas e desorientação dos filhotes (HUGHES; GREAVES; LITZGUS, 2009; PETROV et al., 2018; PIGNATI et al., 2013a). Além disso, Miller et al. (2014) demonstraram que a profundidade da água perto da praia de nidificação também é um fator levado em consideração pelas fêmeas de *Macrochelys temminckii*, pois fornece proteção adicional, não apenas para as fêmeas que esperam próximo à praia antes de nidificar, mas também para os filhotes após a eclosão.

Segundo Restrepo, Piñeros e Páez (2006), as preferências de locais de nidificação de uma espécie podem variar tanto geograficamente quanto temporalmente, dependendo da variação climática, indicando uma certa flexibilidade por parte das fêmeas. Alguns pesquisadores corroboraram esta constatação ao demonstrarem que populações de *Chrysemys picta* ajustam a seleção de locais de nidificação em resposta às condições ambientais, alterando a distância à água, o teor de umidade do solo e a quantidade de cobertura de dossel

sobre os ninhos (REFSNIDER et al., 2014; REFSNIDER; JANZEN, 2012). Entretanto, outros estudos realizados com a mesma espécie demonstraram que as fêmeas não colocam ninhos sob cobertura de dossel maior para compensar condições climáticas mais quentes (MITCHELL et al., 2017; MORJAN, 2003), mas cavam ninhos mais profundos e mais próximos da água (MORJAN, 2003).

Outro fator que pode ser levado em consideração pelas tartarugas ao escolher o local de nidificação é o risco de predação. Esse fator foi considerado relevante em estudos realizados com *Emydura macquarii*, levando as fêmeas a nidificarem mais perto da água em áreas de alto risco de predação (SPENCER, 2002; SPENCER; THOMPSON, 2003). Já Delaney e Janzen (2020), apesar de não encontrarem nenhuma evidência de que as fêmeas nidifiquem mais perto da água em resposta à predação, relataram que houve um aumento da probabilidade de predação dos ninhos após simularem a predação da fêmea nidificante, sugerindo que as fêmeas alteraram a escolha do local de nidificação de uma forma que não foi quantificada. Em contraste, outros estudos não encontraram evidências de que o risco de predação altere significativamente a escolha do local do ninho, indicando que as fêmeas selecionam mais fortemente outras variáveis, como condições adequadas de incubação ou sobrevivência dos filhotes após saírem do ninho (BYER; REID; PEERY, 2019; REFSNIDER et al., 2015).

Determinadas espécies parecem não avaliar as características dos potenciais locais de nidificação, se baseando nas decisões de nidificação de outras fêmeas da mesma espécie por meio do uso de pistas visuais e olfativas (ESCALONA; VALENZUELA; ADAMS, 2009; IVERSON et al., 2016). Fêmeas de *Podocnemis unifilis*, por exemplo, escolhem os locais de nidificação seguindo outras fêmeas da mesma espécie ao invés de considerarem fatores ambientais por conta própria (ESCALONA; VALENZUELA; ADAMS, 2009). Consequentemente, as fêmeas nidificam próximas umas das outras, reduzindo o risco de predação e aumentando as taxas de eclosão (ESCALONA; VALENZUELA; ADAMS, 2009). Já as fêmeas de *Chrysemys picta* usam pistas olfativas de indivíduos coespecíficos para escolher o local de nidificação, construindo seus ninhos onde detectam o odor de outros ninhos já existentes (IVERSON et al., 2016).

A influência de fatores antrópicos, como áreas residenciais, agricultura e turismo, na seleção dos locais de nidificação por tartarugas de água doce tem sido cada vez mais estudada (KOLBE; JANZEN, 2002b; LÓPEZ et al., 2013; MUI et al., 2016; QUINTANA et al., 2019). A atividade humana pode levar a uma redução da quantidade de vegetação disponível e as

estruturas antrópicas podem atuar como barreiras, modificando o padrão de nidificação das tartarugas, além de aumentar as taxas de predação de ninhos (KOLBE; JANZEN, 2002b).

Já foi demonstrado que a *Phrynops hilarii* evita campos agrícolas e áreas antrópicas, preferindo habitats naturais (LÓPEZ et al., 2013). Outro estudo constatou que as fêmeas de *Podocnemis unifilis* usam locais próximos à assentamentos humanos para nidificar, mas com o aumento da proximidade das casas, as fêmeas nidificam mais perto da água, mesmo que isso possa aumentar o risco de inundação (QUINTANA et al., 2019). Kolbe e Janzen (2002) corroboram a ideia de que distúrbios antropogênicos podem afetar a seleção do local de nidificação em tartarugas. Eles relataram que, embora a *Chelydra serpentina* selecione substrato arenoso quando nidificam em áreas protegidas, em áreas residenciais as fêmeas passam a nidificar em áreas gramadas, com maior cobertura de dossel, próximos a casas e cercas e com temperaturas mais baixas. Essas diferenças na seleção do local de nidificação alteram a proporção sexual da prole e diminuem o sucesso de nidificação, portanto, áreas residenciais podem agir como armadilhas ecológicas (KOLBE; JANZEN, 2002b).

Segundo Mui et al. (2016), campos agrícolas também podem agir como armadilhas ecológicas, uma vez que as tartarugas não conseguem prever o rápido crescimento das plantações, que resulta no aumento significativo da cobertura vegetal, alterando características ambientais críticas dos ninhos: temperatura e umidade. Além disso, os embriões ficam expostos a pesticidas, os ninhos podem ser danificados durante o plantio ou a colheita e as máquinas agrícolas representam ameaças para os filhotes e adultos (MUI et al., 2016). Thompson et al. (2017) também afirmam que as terras agrícolas são habitats de nidificação inadequados para tartarugas de água doce, pois prejudica a orientação dos filhotes até a água (CONGDON et al., 2015) e enviesa a razão sexual para o sexo masculino (FREEDBERG; LEE; PAPPAS, 2011). Além disso, foi demonstrado que a contaminação do solo por mercúrio pode afetar a seleção do local de nidificação em tartarugas, que passam a selecionar locais com maior teor de água no solo (THOMPSON et al., 2017).

Apesar de a maioria dos estudos afirmarem que áreas modificadas pela atividade humana podem atuar como armadilhas ecológicas para tartarugas nidificantes, um estudo afirma que campos de golfe podem oferecer habitat adequado para a reprodução de tartarugas em áreas antrópicas (FOLEY; PRICE; DORCAS, 2012). Foi demonstrado que, em campos de golfe, as fêmeas de *Chrysemys picta* selecionam áreas cobertas com serapilheira para nidificar, devido à menor perturbação humana nessas áreas e à maior temperatura e umidade do solo, aumentando o sucesso de eclosão (FOLEY; PRICE; DORCAS, 2012). Outro estudo que não observou impactos negativos de atividades antrópicas na nidificação de tartarugas foi

o de Bowen e Janzen (2008), que investigou a influência do turismo na seleção dos locais de nidificação. Era esperado que à medida que o nível de atividade recreativa humana aumentasse, as fêmeas perceberiam um risco maior para si mesmas e a distância dos ninhos até a água diminuiria (SPENCER, 2002) e que, conseqüentemente, a cobertura vegetal dos ninhos também diminuiria (KOLBE; JANZEN, 2002a). No entanto, a atividade humana, medida pelo número de veículos recreativos em uma praia de nidificação, não parece afetar a seleção de locais de nidificação por *Chrysemys picta* (BOWEN; JANZEN, 2008).

5. Conclusão

Os estudos sobre fatores que influenciam a seleção do local de nidificação por tartarugas de água doce se concentram principalmente nos Estados Unidos e a espécie mais estudada é a *Chrysemys picta*. A maioria dos estudos investigam fatores ambientais, principalmente as características da vegetação, mas também as características do substrato e a morfologia das praias. As fêmeas se baseiam em fatores ambientais para prever as futuras condições dos ninhos, de modo a assegurar níveis adequados de temperatura e umidade para o desenvolvimento e sobrevivência dos embriões. A influência de fatores antrópicos na seleção dos locais de nidificação tem sido cada vez mais estudada, em especial as áreas urbanas e a agricultura. Alguns estudos sugerem que os habitats alterados pelo homem podem funcionar como armadilhas ecológicas, enfatizando a necessidade de mais pesquisas sobre esse tema. Também são necessários mais estudos sobre a influência do risco de predação, pistas de coespecíficos, tamanho das fêmeas e fenótipo dos filhotes na seleção dos locais de nidificação por tartarugas de água doce.

Compreender os fatores que influenciam a seleção de locais de nidificação é importante para identificar as necessidades de habitat das fêmeas reprodutoras, prever possíveis implicações ecológicas da escolha do local do ninho, avaliar o potencial adaptativo das espécies às mudanças ambientais e, assim, determinar a vulnerabilidade de populações a diferentes ameaças. Visto que a decisão de uma fêmea sobre onde construir seu ninho pode variar geograficamente e temporalmente em resposta às diferentes condições ambientais e pressões adaptativas, pesquisas de longa duração com espécies de ampla distribuição geográfica têm muito a oferecer para embasar o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo. Além disso, sugere-se que estudos futuros incluam a manipulação experimental de variáveis específicas a fim de identificar os fatores mais relevantes na seleção de locais de nidificação, pois isso dificilmente pode ser determinado por meio de estudos observacionais.

6. Referências

- BOWEN, K. D.; JANZEN, F. J. Human recreation and the nesting ecology of a freshwater turtle (*Chrysemys picta*). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 7, n. 1, p. 95–100, 2008.
- BRAMER, W. M. et al. Optimal database combinations for literature searches in systematic reviews: A prospective exploratory study. **Systematic Reviews**, v. 6, n. 1, p. 1–12, 2017.
- BYER, N. W.; REID, B. N.; PEERY, M. Z. Implications of slow pace-of-life for nesting behavior in an armored ectotherm. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 73, n. 4, 2019.
- CASTRO, P. DE T. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Caracterização ecogeomorfológica das áreas de desova de quelônios de água doce (gênero *Podocnemis*) no entorno da Ilha do Bananal, Rio Araguaia. **Geografias**, v. 04, n. 1, p. 15–22, 2008.
- CAVACINI, A. What is the best database for computer science journal articles? **Scientometrics**, v. 102, n. 3, p. 2059–2071, 2015.
- CONGDON, J. D. et al. Compass orientation during dispersal of freshwater hatchling Snapping Turtles (*Chelydra serpentina*) and Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*). **Ethology**, v. 121, n. 6, p. 538–547, 2015.
- CZAJA, R. A. et al. The role of nest depth and site choice in mitigating the effects of climate change on an oviparous reptile. **Diversity**, v. 12, n. 4, 2020.
- DELANEY, D. M.; JANZEN, F. J. Offspring dispersal ability covaries with nest-site choice. **Behavioral Ecology**, v. 30, n. 1, p. 125–133, 2018.
- DELANEY, D. M.; JANZEN, F. J. Risk-sensitive maternal investment: an evaluation of parent–offspring conflict over nest site choice in the wild. **Animal Behaviour**, v. 163, p. 105–113, 2020.
- DOODY, J. S.; WEST, P.; GEORGES, A. Beach selection in nesting Pig-Nosed turtles, *Carettochelys insculpta*. **Journal of Herpetology**, v. 37, n. 1, p. 178–182, 2003.
- ERICKSON, J.; FARIAS, I. P.; ZUANON, J. The life history of the Yellow-Spotted Amazon River turtle (*Podocnemis unifilis*) as told from the nests. **Salamandra**, v. 56, n. 4, p. 296–308, 2020.
- ESCALONA, T.; VALENZUELA, N.; ADAMS, D. C. Nesting ecology in the freshwater turtle *Podocnemis unifilis*: Spatiotemporal patterns and inferred explanations. **Functional Ecology**, v. 23, n. 4, p. 826–835, 2009.
- FOLEY, S. M.; PRICE, S. J.; DORCAS, M. E. Nest-site selection and nest depredation of semi-aquatic turtles on golf courses. **Urban Ecosystems**, v. 15, n. 2, p. 489–497, 2012.
- FREEDBERG, S.; LEE, C.; PAPPAS, M. Agricultural practices alter sex ratios in a reptile with environmental sex determination. **Biological Conservation**, v. 144, n. 3, p. 1159–1166, 2011.
- HUGHES, E. J.; BROOKS, R. J. The good mother: Does nest-site selection constitute parental investment in turtles? **Canadian Journal of Zoology**, v. 84, p. 1545–1554, 2006.
- HUGHES, G. N.; GREAVES, W. F.; LITZGUS, J. D. Nest-site selection by wood turtles (*Glyptemys insculpta*) in a thermally limited environment. **Northeastern Naturalist**, v. 16, n. 3, p. 321–338, 2009.

- IVERSON, J. B. et al. Olfaction as a cue for nest-site choice in turtles. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 15, n. 2, p. 206–213, 2016.
- KOLBE, J. J.; JANZEN, F. J. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. **Ecology**, v. 83, n. 1, p. 269–281, 2002a.
- KOLBE, J. J.; JANZEN, F. J. Spatial and temporal dynamics of turtle nest predation: Edge effects. **Oikos**, v. 99, n. 3, p. 538–544, 2002b.
- LÓPEZ, M. S. et al. How far from water? Terrestrial dispersal and nesting sites of the freshwater turtle *Phrynops hilarii* in the floodplain of the Paraná River (Argentina). **Zoological Science**, v. 30, n. 12, p. 1063–1069, 2013.
- MAHBUB, R. BIN; AHMED, N.; YEASMIN, F. Towards reducing the data gap in the conservation efforts for sea turtles in Bangladesh. **Regional Studies in Marine Science**, v. 35, 2020.
- MICHELI-CAMPBELL, M. A. et al. Selectivity and repeated use of nesting sites in a freshwater turtle. **Herpetologica**, v. 69, n. 4, p. 383–396, 2013.
- MILLER, J. L. et al. Nest-site selection among reintroduced *Macrochelys temminckii*. **Southwestern Naturalist**, v. 59, n. 2, p. 188–192, 2014.
- MITCHELL, J. C.; WALLS, S. C. Nest site selection by Diamond-Backed Terrapins (*Malaclemys terrapin*) on a mid-atlantic barrier island. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 12, n. 2, p. 303–308, 2013.
- MITCHELL, T. S. et al. Experimental assessment of winter conditions on turtle nesting behaviour. **Evolutionary Ecology Research**, v. 18, n. 1, p. 271–280, 2017.
- MORJAN, C. L. Variation in nesting patterns affecting nest temperatures in two populations of painted turtles (*Chrysemys picta*) with temperature-dependent sex determination. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 53, n. 4, p. 254–261, 2003.
- MUI, A. B. et al. Nesting sites in agricultural landscapes may reduce the reproductive success of Blanding's turtle (*Emydoidea blandingii*) populations. **Canadian Journal of Zoology**, v. 94, n. 1, p. 1–25, 2016.
- NAVARRO, R. D.; ALVES, A. C. T. L. Neonatal biometry and characterization of Amazonian turtle nests (*Podocnemis expansa*). **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 43, p. 1–7, 2021.
- PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **The BMJ**, v. 372, 2021.
- PETROV, K. et al. Nesting habitat of the broad-shelled turtle (*Chelodina expansa*). **Australian Journal of Zoology**, v. 66, n. 1, p. 4–14, 2018.
- PIGNATI, M. T. et al. Nesting site and hatching success of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in a floodplain area in Lower Amazon River, Pará, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 8, n. 3, p. 175–185, 2013a.
- PIGNATI, M. T. et al. Effects of the nesting environment on embryonic development, sex ratio, and hatching success in *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in an area of várzea floodplain on the lower Amazon River in Brazil. **Copeia**, n. 2, p. 303–311, 2013b.
- PRUETT, J. E.; ADDIS, E. A.; WARNER, D. A. The influence of maternal nesting behaviour on offspring survival: evidence from correlational and cross-fostering studies.

Animal Behaviour, v. 153, p. 15–24, 2019.

QUINTANA, I. et al. Nest removal by humans creates an evolutionary trap for Amazonian freshwater turtles. **Journal of Zoology**, v. 309, n. 2, p. 94–105, 2019.

REFSNIDER, J. M. et al. Population sex ratios under differing local climates in a reptile with environmental sex determination. **Evolutionary Ecology**, v. 28, n. 5, p. 977–989, 2014.

REFSNIDER, J. M. et al. Do trade-offs between predation pressures on females versus nests drive nest-site choice in painted turtles? **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 116, n. 4, p. 847–855, 2015.

REFSNIDER, J. M. Nest-site choice and nest construction in non-avian reptiles: Evolutionary significance and ecological implications. **Avian Biology Research**, v. 9, n. 2, p. 76–88, 2016.

REFSNIDER, J. M.; JANZEN, F. J. Putting eggs in one basket: Ecological and evolutionary hypotheses for variation in oviposition-site choice. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, n. 1, p. 39–57, 2010.

REFSNIDER, J. M.; JANZEN, F. J. Behavioural plasticity may compensate for climate change in a long-lived reptile with temperature-dependent sex determination. **Biological Conservation**, v. 152, p. 90–95, 2012.

REFSNIDER, J. M.; WARNER, D. A.; JANZEN, F. J. Does shade cover availability limit nest-site choice in two populations of a turtle with temperature-dependent sex determination? **Journal of Thermal Biology**, v. 38, n. 3, p. 152–158, 2013.

RESTREPO, A.; PIÑEROS, V. J.; PÁEZ, V. P. Nest site selection by Colombian slider turtles, *Trachemys callirostris callirostris* (Testudines: Emydidae), in the Mompos Depression, Colombia. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 5, n. 2, p. 249–254, 2006.

ROOSENBERG, W. M. Maternal condition and nest site choice: An alternative for the maintenance of environmental sex determination? **American Zoologist**, v. 36, p. 157–168, 1996.

SCHWARZKOPF, L.; BROOKS, R. J. Nest-site selection and offspring sex ratio in Painted turtles, *Chrysemys picta*. **Copeia**, v. 1987, n. 1, p. 53–61, 1987.

SPENCER, R. J. Experimentally testing nest site selection: Fitness trade-offs and predation risk in turtles. **Ecology**, v. 83, n. 8, p. 2136–2144, 2002.

SPENCER, R. J.; THOMPSON, M. B. The significance of predation in nest site selection of turtles: An experimental consideration of macro- and microhabitat preferences. **Oikos**, v. 102, n. 3, p. 592–600, 2003.

THOMPSON, M. M. et al. Nesting ecology and habitat use of *Chelydra serpentina* in an area modified by agricultural and industrial activity. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 12, n. 1, p. 292–306, 2017.

WILSON, D. S. Nest-site selection: Microhabitat variation and its effects on the survival of turtle embryos. **Ecology**, v. 79, n. 6, p. 1884–1892, 1998.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS SOBRE A SELEÇÃO DE PRAIAS DE NIDIFICAÇÃO PELA *PODOCNEMIS EXPANSA*

Resumo

A seleção do local de nidificação pelas tartarugas traz impactos significativos na sobrevivência e no fenótipo dos filhotes, desempenhando um papel importante para o sucesso reprodutivo dos quelônios. Por esse motivo, compreender os fatores ambientais e antrópicos que afetam a seleção do local de nidificação pelas tartarugas é fundamental para identificar áreas prioritárias de conservação. O presente trabalho visa avaliar a influência do turismo, da cobertura de vegetação nativa e da fragmentação da paisagem na seleção de praias de nidificação pela tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) ao longo de 62 praias em um trecho de 105 km do rio Crixás-Açu, situado no estado de Goiás. Para a análise do turismo, foi mensurada a distância mínima das praias analisadas até a praia com acampamento mais próxima. Para a análise da cobertura de vegetação nativa e da fragmentação da paisagem, foram definidos *buffers* de 600, 1500 e 3000 m no entorno das praias, nos quais foram mensuradas as variáveis. As análises foram realizadas por meio do programa R e, por meio de modelos lineares generalizados, foi verificado se há uma correlação significativa das variáveis com a quantidade de ninhos e a presença ou ausência de ninhos nas praias. Os resultados mostraram que as tartarugas preferem nidificar em praias mais distantes do turismo e em praias cuja paisagem no seu entorno de 600 metros seja menos fragmentada. Não foi encontrada uma correlação significativa entre o padrão de nidificação da tartaruga-da-amazônia e a quantidade de vegetação nativa no entorno das praias, o que pode ser explicado pelo fato da cobertura vegetal próxima ao rio ser relativamente bem preservada nessa região. Portanto, é necessário analisar a seleção de praias de nidificação em rios com diferentes níveis de cobertura vegetal para obter resultados mais conclusivos. Espera-se que essas informações possam subsidiar o desenvolvimento de estratégias de conservação e mitigação de impactos nas populações destes quelônios.

Palavras-chave: Testudines; Tartaruga de água doce; Seleção de habitat; Desova; Rio.

1. Introdução

A seleção do local de nidificação permite que os animais ovíparos influenciem indiretamente a sobrevivência e o fenótipo de seus filhotes e, assim, maximizem o sucesso reprodutivo (CZAJA et al., 2020; LAMB; ENNEN; QUALLS, 2013). Esse comportamento materno é especialmente importante para os quelônios, uma vez que não fornecem cuidado parental durante a incubação dos ovos e muitas de suas espécies possuem determinação sexual dependente da temperatura (CZAJA et al., 2020; PIGNATI et al., 2013a). Os quelônios usam diversos parâmetros do habitat para escolher um local adequado para a construção do ninho, como características da vegetação, morfologia das praias e conteúdo do solo (CZAJA et al., 2020; ESCALONA; VALENZUELA; ADAMS, 2009; PETROV et al., 2018). Essas variáveis podem alterar o microambiente térmico e hídrico experimentado pelos ovos, afetando o sucesso de eclosão (WILSON, 1998).

A tartaruga-da-amazônia, *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), é uma espécie altamente seletiva para a escolha do local de nidificação (CASTRO; FERREIRA JÚNIOR,

2008). Já foi demonstrado que os ninhos de *P. expansa* se concentram em praias com mais de dois metros de altura, com substrato constituído por sedimentos arenosos e associadas a locais amplos e profundos no rio (FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006). A espécie apresenta determinação sexual dependente de temperatura e tem hábitos gregários de nidificação (CASTRO; FERREIRA JÚNIOR, 2008). Suas populações nidificam em bancos arenosos que emergem ao longo dos rios no período da seca e retornam à mesma área a cada estação reprodutiva (ALHO; PÁDUA, 1982a; PANTOJA-LIMA et al., 2009).

P. expansa é uma espécie de tartaruga de água doce que tem grande importância para as comunidades ribeirinhas da bacia Amazônica no âmbito socioeconômico e cultural por serem usadas como alimento e meio de subsistência (CANTARELLI; MALVASIO; VERDADE, 2014; CASAL et al., 2013). No entanto, devido ao consumo excessivo de ovos e adultos, desmatamento, construção de usinas hidrelétricas e mudanças climáticas, *P. expansa* passou a ser uma das espécies mais ameaçadas da Amazônia (FERRARA et al., 2017).

Identificar os fatores que influenciam a seleção de locais de nidificação pela tartaruga-da-amazônia ajuda a prever o potencial adaptativo da espécie às mudanças ambientais e a determinar sua vulnerabilidade a diferentes ameaças antrópicas (REFSNIDER; JANZEN, 2010). Assim, espera-se que as informações geradas sobre o efeito desses fatores no padrão de desova da espécie possam subsidiar o desenvolvimento de estratégias de conservação e mitigação de impactos nas populações destes quelônios.

Apesar de vários estudos avaliarem fatores ambientais e antrópicos no padrão de nidificação de tartarugas de água doce, ainda faltam estudos de grande escala espacial (> 100 km de rio) e com grande número de áreas de nidificação (> 50) (QUINTANA et al., 2019). Neste âmbito, este trabalho irá investigar a influência do turismo, da cobertura de vegetação nativa e da fragmentação da paisagem na seleção de praias de nidificação pela tartaruga-da-amazônia em um trecho de 105 km do rio Crixás-Açu, situado no Estado de Goiás. As hipóteses deste estudo são que as tartarugas selecionam (1) praias de nidificação distantes de atividades antrópicas; (2) praias com maior cobertura de vegetação nativa; e (3) praias cuja paisagem em seu entorno tenha menor grau de fragmentação.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

A área de pesquisa compreende um trecho de aproximadamente 105 km do rio Crixás-Açu, afluente da margem direita do rio Araguaia, situado no estado de Goiás (Figura 1). Esse trecho corresponde à área monitorada pelo Programa de Quelônios Amazônicos do Instituto

Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (PQA/IBAMA), que tem início na praia do Brandão (13°40'51.2''S 50°04'31.0''W) e finaliza na Praia Alta 2 (13°26'08.8''S 50°33'02.4''W).

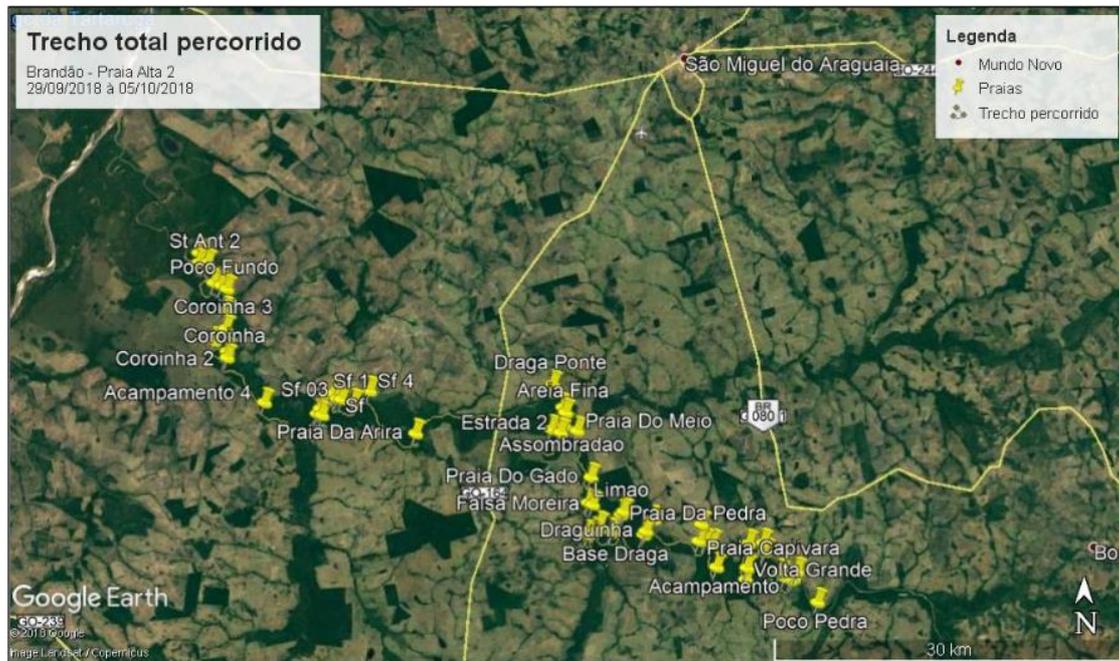


Figura 1. Área de estudo.
Fonte: PQA, 2018.

O rio Crixás-Açu possui algumas áreas bem preservadas e outras onde o desmatamento se estende até as margens do rio, restando apenas fragmentos remanescentes de mata ciliar (FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006). Nesse rio ocorre a nidificação de uma das maiores populações de tartaruga-da-amazônia da região Centro-Oeste do Brasil, sendo esta concentrada entre agosto e outubro. A eclosão dos ovos ocorre entre novembro e dezembro, com o período de incubação variando entre 45 e 60 dias (FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006). O turismo na região ocorre principalmente na época da vazante, quando é possível montar acampamentos nas praias que emergem, coincidindo com o período de reprodução da *P. expansa* (BOM; BARBERI, 2021).

2.2. Coleta de dados

Informações sobre a localização das praias de nidificação da tartaruga-da-amazônia e a quantidade de ninhos em cada praia foram fornecidas pelo Programa de Quelônios Amazônicos - PQA/IBAMA, que coleta dados desde 1985 no rio Crixás-Açu. A contagem dos ninhos, realizada pela equipe do PQA, se deu de forma individual nas praias com poucas desovas. Já nas praias de alta desova (>100 ninhos), onde ocorre sobreposição de ninhos, foi realizada uma estimativa do total de ninhos. A equipe do PQA também coletou informações

relativas à presença de infraestrutura de acampamento nas praias, que foram usadas para a análise do turismo. Além disso, foram usados dados fornecidos pela Sociedade de Amigos do Rio Crixás (SARC), uma Organização Não Governamental (ONG) que realiza a educação ambiental de turistas na região, sobre a localização dos acampamentos registrados.

2.3. Análise de dados

As coordenadas das 58 praias registradas no relatório de 2018 do PQA foram aferidas no *Google Earth*. Os pontos resultantes que se encontravam fora das praias foram realocados com base em imagens de satélite presentes no relatório para as praias correspondentes. Segundo as coordenadas e as imagens de satélite, dois pontos (praia do Brandão 2 e praia do Brandão Pedra) se encontravam na mesma praia, portanto foram transformados em um só ponto e a quantidade de ninhos foi somada. Além disso, o *Google Earth* também foi utilizado para identificar as coordenadas de sete praias onde ocorrem acampamentos registrados pela ONG SARC, sendo que duas já haviam sido identificadas pelo PQA. Sendo assim, foram analisadas no total 62 praias.

As coordenadas foram tabuladas junto com as informações sobre quantidade de desova e presença de turismo nas praias (Tabela 1), e importadas para o programa R (R CORE TEAM, 2020). Para realizar a análise do turismo, foram calculadas as distâncias mínimas de cada praia até a praia com infraestrutura de acampamento mais próxima (consideradas como praias com turismo) para relacionar com o padrão de nidificação das tartarugas.

Tabela 1. Localização das praias, quantidade de ninhos e presença (1) e ausência (0) de turismo por praia em 2018.

Praias	Coordenadas UTM		Ninhos	Turismo
	Norte (m)	Este (m)		
Praia do Brandão	8487538.06	600030.17	500	0
Praia do Brandão 2/Pedra	8486614.12	599578.13	75	0
Praia Pequena	8486862.41	598918.15	8	0
Praia da Aguada	8487232.00	598529.00	0	0
Praia Comprida	8489102.20	597326.82	0	0
Praia da Anta	8489783.84	597097.30	43	0
Praia da Tartaruga sem cabeça	8489768.57	595946.67	0	0
Praia da Onça	8487606.39	595697.76	0	0
Praia da Volta Grande	8486655.78	595665.74	17	1
Acampamento	8487603.76	593180.22	0	1
Praia das Arraias	8489683.90	592728.00	3	0
Barreira Branca	8491452.22	591825.33	70	0
Praia da Pedreira	8489898.25	592079.39	3	0

Praias	Coordenadas UTM		Ninhos	Turismo
	Norte (m)	Este (m)		
Praia da Capivara	8489886.58	591615.84	24	0
Praia do Japonês	8491817.88	587759.41	2	0
Draguinha	8490950.82	587108.05	5	0
Praia da Draga	8490499.80	586853.66	13	0
Praia do Limão	8492471.75	585117.45	38	0
Praia da Pedra	8492222.85	584894.79	0	0
Acampamento 2	8490705.89	584094.56	0	1
Praia do Tonho	8491302.84	583012.45	20	0
Praia do Tonho 2	8490790.16	582609.59	0	0
Base	8490595.39	582179.32	0	0
Falsa Moreira	8493043.41	582397.67	2	0
Moreirinha	8493249.00	582121.91	120	0
Moreira	8494138.34	582748.99	1300	0
Moreira Alta	8494784.55	582420.48	300	0
Praia do Gado	8495430.09	582302.30	0	0
Praia do Meio	8499428.35	580902.20	1	0
Assombradão	8499842.14	580012.77	5	0
Estrada 2	8499346.02	579697.63	0	0
Praia da Rede	8499678.16	578910.56	1	0
Praia Areia Fina	8500960.61	580047.03	5	0
Praia Curta	8501428.30	579916.45	16	0
Praia dos Roques	8501768.00	580336.00	0	1
Praia Foz do Pintado	8502276.00	580555.00	0	1
Praia de Pedra	8502808.00	580452.00	0	1
Praia da Draga (do Lúcio)	8503397.12	579050.68	1	1
Tolentinos	8502614.00	577498.00	0	1
Praia do Sossego	8502016.00	575656.00	0	1
Ponte (Cartão Postal)	8501734.43	574717.07	0	1
Praia da Ariranha	8499212.69	567276.87	98	0
Santa Fé 04	8502824.96	563328.70	6	0
Santa Fé 01	8501752.92	561973.60	18	0
Santa Fé 03	8502062.57	560922.35	0	0
Santa Fé (Rancho)	8502124.91	560531.76	0	1
Santa Fé 02	8502555.69	560232.17	7	0
Santa Fé 05	8501237.26	559087.07	14	0
Santa Fé 06	8500855.56	558794.64	45	0
Santa Fé 07	8500715.87	559229.79	0	0
Acampamento 4	8501740.74	554348.45	0	1
Coroinha	8505637.76	551047.76	45	0
Coroinha 2	8506226.85	551058.56	19	0
Coroinha sede	8507062.29	549961.26	8	0
Coroinha 3	8508135.62	550955.36	0	0

Praias	Coordenadas UTM		Ninhos	Turismo
	Norte (m)	Este (m)		
Coroinha 4	8509722.09	551430.87	9	0
Poço Fundo	8511631.89	551122.30	0	0
Santo Antônio	8511886.28	550594.09	0	0
Santo Antônio 03	8512068.97	549955.68	5	0
Santo Antônio 02	8513791.18	549372.51	1500	0
Praia Alta	8514008.41	548685.98	200	0
Praia Alta 2	8514901.01	548451.18	0	0

Fonte: PQA, 2018.

Para a análise da cobertura de vegetação nativa e da fragmentação da paisagem, foi utilizado o mapa de 2018 da coleção “Cerrado” do projeto MapBiomias, que possibilita categorizar a paisagem de acordo com o uso e cobertura do solo. O mapa foi processado usando os pacotes *sf* (PEBESMA, 2018), *raster* (HIJMANS, 2021), *tmap* (TENNEKES, 2018) e *fasterize* (ROSS, 2020) do programa R (R CORE TEAM, 2020). Dessa forma, foi possível categorizar a área de estudo em: (1) área nativa, que engloba as formações florestais, savânicas e campestres; (2) área desmatada, que inclui pastagem, agricultura (soja e lavouras temporárias), infraestrutura urbana e outras áreas não vegetadas; e (3) corpo d’água (rio e lagos) (Figura 2).

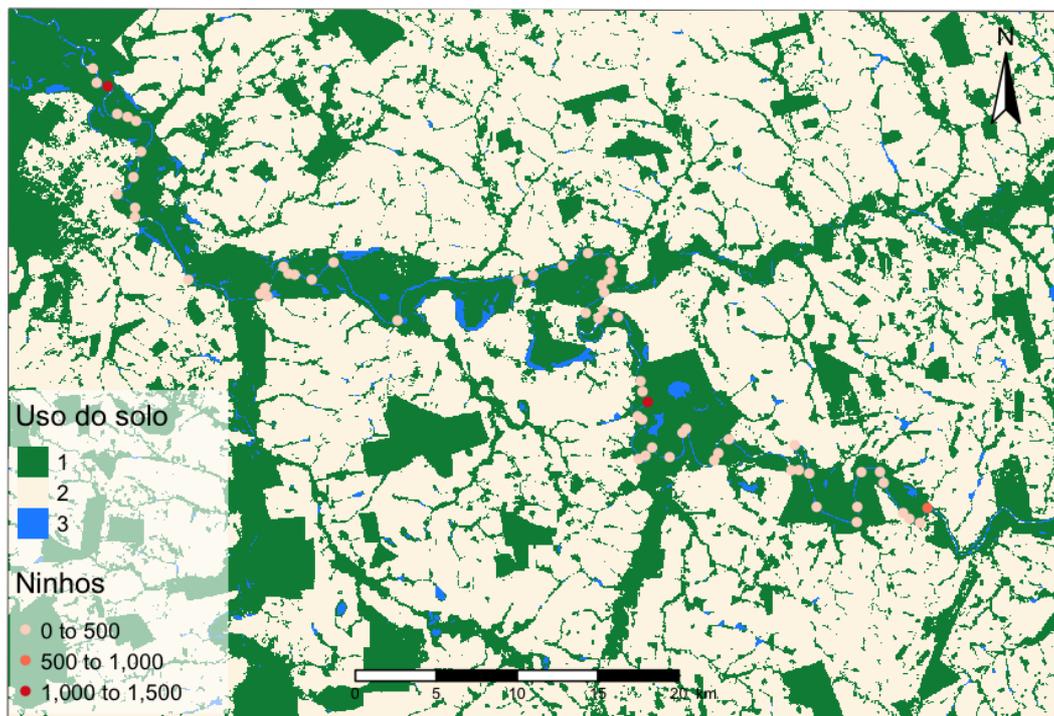


Figura 2. Mapa da área de estudo categorizado em (1) área nativa; (2) área desmatada; e (3) corpo d’água. A localização das praias de nidificação está representada por meio de pontos, cuja cor representa a quantidade de ninhos em cada praia.

Foi avaliada a independência espacial da quantidade de ninhos nas praias e da cobertura de vegetação nativa no entorno das praias utilizando-se o índice de Moran. Esse índice varia de -1 a 1, valores próximos dos extremos indicam autocorrelação significativa e valores próximos de zero indicam um padrão aleatório.

Em seguida, foram criados *buffers* de 600, 1500 e 3000 m no entorno das praias para calcular a cobertura de vegetação nativa e o grau de fragmentação da paisagem. Os *buffers* foram definidos segundo os padrões de movimentação da *Podocnemis expansa* durante a época da nidificação (entre agosto e outubro). Durante esse período, as tartarugas permanecem a uma distância média de 3 km da praia de nidificação e, em geral, não se distanciam mais de 1 km do rio ao saírem da água (HINDERAKER, 2021).

Para a análise do grau de fragmentação que ocorre na paisagem, foram avaliadas as seguintes métricas de Ecologia de Paisagens: número de fragmentos, área média dos fragmentos, média da área central, média do índice de forma e índice de agregação. Essas métricas foram calculadas ao nível de paisagem por meio do pacote *landscapemetrics* (HESSELBARTH et al., 2019). O número de fragmentos e a área média dos fragmentos foram calculados para fornecer informações sobre a composição da paisagem. A média da área central indica a área efetiva do fragmento após descontar-se o efeito de borda, sendo usada para avaliar a qualidade do habitat. O índice de forma representa uma relação entre o perímetro e a área das manchas, portanto quanto maior o valor desse índice, mais irregulares serão as formas dos fragmentos e mais acentuado será o efeito de borda (VIDOLIN; BIONDI; WANDEMBRUCK, 2011). Por fim, o índice de agregação quantifica a extensão na qual os fragmentos estão agregados ou dispersos na paisagem.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R CORE TEAM, 2020). As distâncias mínimas das praias de nidificação até as praias de turismo, a quantidade de vegetação nativa e as métricas da paisagem foram relacionadas com o padrão de nidificação das tartarugas por meio de modelos lineares generalizados (GLM), com distribuição *gaussiana* (normal) para a quantidade de ninhos e distribuição binomial para a ausência e presença de ninhos nas praias. Empregou-se a transformação logarítmica para a variável quantidade de ninhos a fim de normalizar os dados. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e análise visual de histogramas. Considerou-se o nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para todos os procedimentos estatísticos.

3. Resultados

3.1. Turismo

Foi verificado que a maioria das praias (52 praias, 83%) está situada a até cinco quilômetros de distância das praias com turismo e que as praias mais distantes ao turismo estão situadas a até 15 km (Figura 3). As seis praias que têm mais de 100 ninhos estão situadas a uma média de 7,6 km de distância às praias com turismo. Modelos lineares generalizados mostraram que a presença e ausência de ninhos nas praias não é explicada pela distância ao turismo ($z = 1.163$, $p = 0.245$). No entanto, o número de ninhos nas praias diminui significativamente com a proximidade a praias com turismo ($t = 2.816$, $p = 0.008$). Portanto, a quantidade de ninhos nas praias está fortemente correlacionada com o turismo da região (Figura 4).

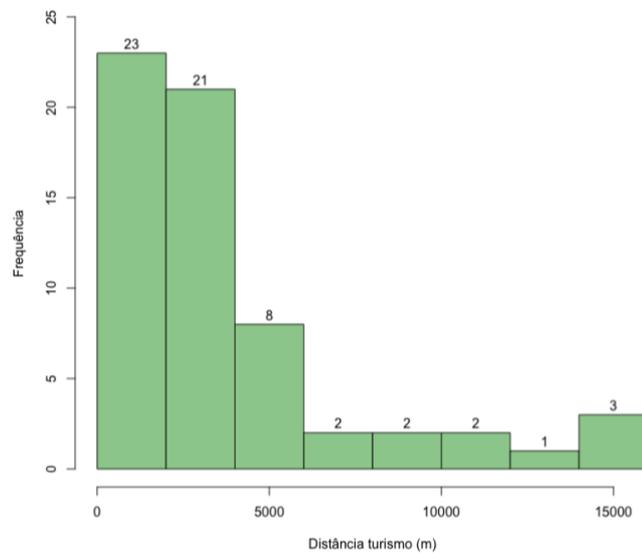


Figura 3. Frequência de praias em relação com a distância mínima (em metros) até as praias de turismo.

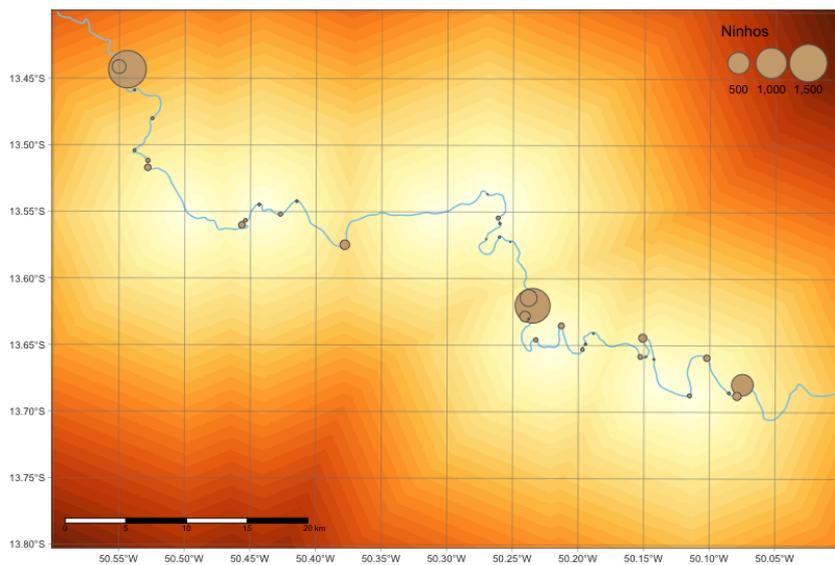


Figura 4. Mapa mostrando a relação entre o turismo e a quantidade de ninhos nas praias. A localização das praias de nidificação está representada por meio de círculos, que têm o tamanho proporcional à quantidade de ninhos em cada praia. As cores ao fundo representam a distância às praias com turismo, sendo que quanto mais clara a cor, mais próximo ao turismo, e quanto mais escura, mais distante.

3.2. Cobertura de vegetação nativa

Por meio do cálculo do índice de Moran, foi constatada a inexistência de dependência espacial entre a quantidade de ninhos nas praias ($I = -0.015$, $p = 0.474$) e entre a quantidade de vegetação nativa no entorno de 1 km das praias ($I = -0.017$, $p = 0.607$). Portanto, a quantidade de ninhos e de vegetação nativa nas praias não estão espacialmente estruturadas.

As análises estatísticas evidenciaram que não há uma correlação significativa entre o número de ninhos em uma praia e a quantidade de vegetação no entorno, independentemente do tamanho do *buffer* (*buffer* de 600 m: $t = -1.481$, $p = 0.148$; *buffer* de 1500 m: $t = 1.908$, $p = 0.065$; *buffer* de 3000 m: $t = -1.178$, $p = 0.247$). Também ficou evidente que não há uma correlação significativa entre a presença e ausência de ninhos nas praias e a quantidade de vegetação no entorno (*buffer* de 600 m: $z = 0.649$, $p = 0.516$; *buffer* de 1500 m: $z = -1.151$, $p = 0.250$; *buffer* de 3000 m: $z = 0.438$, $p = 0.661$).

3.3. Fragmentação da paisagem

A análise das métricas da paisagem revelou que, em *buffers* de 600 metros, a quantidade de ninhos teve correlação significativa com a área média dos fragmentos ($t = 2.042$, $p = 0.0497$), o índice de forma ($t = -2.663$, $p = 0.0122$) e o índice de agregação ($t = -2.732$, $p = 0.0103$). Nos *buffers* de 1500 e 3000 metros, nenhuma das métricas teve correlação significativa com a quantidade de ninhos (Tabela 2). Quanto à presença e ausência de ninhos, não houve correlação significativa com as métricas, independentemente do tamanho do *buffer*.

Tabela 2. Análise da associação do número de ninhos e presença e ausência de ninhos nas praias com as métricas da paisagem. t = valor de t ; z = valor de z ; p = nível de significância ($p < 0.05$ estão demonstrados em negrito).

	<i>Buffers</i> de 600 m				<i>Buffers</i> de 1500 m				<i>Buffers</i> 3000 m			
	Número de ninhos		Presença e ausência		Número de ninhos		Presença e ausência		Número de ninhos		Presença e ausência	
	t	p	z	p	t	p	z	p	t	p	z	p
Número de fragmentos	-0.945	0.3518	0.683	0.494	-0.969	0.340	-0.594	0.553	-1.412	0.168	0.059	0.953
Área média dos fragmentos	2.042	0.0497	0.875	0.382	-0.017	0.987	-0.347	0.729	-1.467	0.153	-0.874	0.403
Média da área núcleo	-1.994	0.0551	-0.867	0.386	0.027	0.979	0.386	0.699	1.478	0.150	0.842	0.400
Média do índice de forma	-2.663	0.0122	-1.102	0.271	0.248	0.806	-0.422	0.673	1.120	0.271	0.921	0.357
Índice de agregação	-2.732	0.0103	0.034	0.973	-1.063	0.296	0.097	0.923	-1.851	0.074	-0.098	0.922

4. Discussão

Conforme hipótese levantada inicialmente, foi demonstrado que as tartarugas preferem nidificar em praias mais distantes do turismo. Apesar de a grande maioria das praias estarem situadas a menos de 5 km de distância das praias com turismo, as praias com maior nidificação estão situadas a uma média de 7,6 km de distância. Esses resultados corroboram as observações de Alho, Carvalho e Pádua (1979), que descrevem a *Podocnemis expansa* como uma espécie muito arisca que evita subir à praia para desovar quando humanos são avistados.

Similarmente, diversos estudos com tartarugas marinhas verificaram que as fêmeas evitam nidificar em praias com estruturas ou atividades antrópicas, preferindo nidificar em áreas de menor pressão humana (ALKINDI et al., 2006; DE LA ESPERANZA et al., 2017; KIKUKAWA; KAMEZAKI; OTA, 1999; MAHBUB; AHMED; YEASMIN, 2020). Já foi demonstrado que o sucesso da eclosão é maior em praias com menor impacto humano (DE LA ESPERANZA et al., 2017). Dentre os fatores antrópicos que afetam a seleção de locais de nidificação por tartarugas, a presença de turistas nas praias, a iluminação artificial e a presença de móveis na praia causam impactos significativos (DE LA ESPERANZA et al., 2017).

Por outro lado, algumas populações de tartarugas de água doce selecionam locais de nidificação em áreas com atividades antrópicas (BOWEN; JANZEN, 2008; FOLEY; PRICE; DORCAS, 2012; KOLBE; JANZEN, 2002b; QUINTANA et al., 2019). Segundo Bowen e Janzen (2008), a seleção de locais de nidificação por *Chrysemys picta* não é afetada pelas atividades recreativas humanas que ocorrem na praia de nidificação. No entanto, outros estudos demonstram que, apesar de algumas populações selecionarem áreas antrópicas para nidificarem, os distúrbios antrópicos alteram a seleção do local de nidificação. Quintana et al. (2019) mostraram que a *Podocnemis unifilis* passa a nidificar mais perto da água em áreas próximas a casas. Foley et al. (2012) afirmam que uma população de *C. picta* que nidifica em campos de golfe evita os habitats com maior uso antrópico. Kolbe e Janzen (2002b) evidenciaram que a *Chelydra serpentina* prefere nidificar em áreas arenosas em habitat naturais, mas passa a dar preferência a áreas gramadas em áreas residenciais.

Em relação à cobertura de vegetação nativa, ao contrário da hipótese inicial, os resultados apontam que a *P. expansa* não escolhe as praias de nidificação de acordo com a quantidade de vegetação no entorno das praias. Apesar desse estudo não ter encontrado uma correlação significativa entre o padrão de nidificação pela *P. expansa* e a cobertura de vegetação nativa no entorno das praias, Navarro e Alves (2021) sugerem que a vegetação tem

uma influência positiva na reprodução da *P. expansa*, pois os ninhos próximos à vegetação apresentam maior taxa de eclosão e ovos com maior peso.

A falta de correlação significativa entre a cobertura de vegetação nativa e a seleção de praias de nidificação pela *P. expansa* pode ser explicada pelo fato da vegetação próxima ao rio Crixás-Açu ser relativamente bem preservada (FERREIRA JÚNIOR; CASTRO, 2006), não sendo possível observar o potencial efeito de uma cobertura vegetal pouco preservada. Portanto, para obter resultados mais conclusivos, é necessário que estudos futuros analisem se ocorre a nidificação de *P. expansa* em rios que tenham a vegetação menos preservada e se, nesses rios, a seleção de praias de nidificação é influenciada pela quantidade de cobertura vegetal.

Em contrapartida, a fragmentação da paisagem no entorno das praias parece ser um fator importante. A fragmentação é a transformação de um habitat de grande extensão em vários fragmentos isolados por um ecossistema diferente do original (MURCIA, 1995). Sendo assim, resulta na diminuição da quantidade de habitat original, no aumento do número de fragmentos, na redução do tamanho dos fragmentos e no aumento do isolamento dos fragmentos (FAHRIG, 2003). Os resultados indicam que as fêmeas selecionam praias cuja paisagem em seu entorno de 600 m seja composta por fragmentos de tamanho médio maior (média = 48.65 ha, intervalo = 8.94-133.91 ha), com formato mais regular (média = 1.49, intervalo = 1.18-2.05) e com menor agregação (média = 96.19%, intervalo = 89.63-98.28%). Já nas distâncias maiores (1500 e 3000 metros), a estrutura espacial da vegetação não influencia a seleção das praias de nidificação pela *P. expansa*.

Apesar da relação entre a quantidade de ninhos e o índice de agregação ser inversamente proporcional, todos os valores de índice de agregação foram altos, indicando que a alta agregação dos fragmentos é um padrão geral da paisagem nessa região. Sendo assim, a *P. expansa* seleciona praias de nidificação em áreas com fragmentos grandes, regulares e agregados, indicando que preferem praias com menor fragmentação nas proximidades. As fêmeas podem estar escolhendo áreas menos fragmentadas a fim de nidificar em praias com menor acesso humano e diminuir o risco de predação.

Diante do exposto, sugere-se identificar ao longo da área de estudo as praias que tenham em seu redor fragmentos de vegetação grandes e regulares a fim de verificar se os acampamentos na região podem estar gerando perda de potenciais habitats de nidificação da *P. expansa*. Os órgãos ambientais devem incentivar a conservação dos fragmentos de vegetação nativa existentes e adotar estratégias para diminuir o acesso humano às principais praias de nidificação. Recomenda-se também que seja estabelecido um distanciamento

mínimo de cinco quilômetros dos acampamentos até as praias de nidificação da *P. expansa*. Além disso, ressalta-se a necessidade de um gerenciamento adequado dos acampamentos, que deve promover medidas de mitigação do impacto antrópico e a educação ambiental dos turistas, particularmente durante o período de nidificação da *P. expansa*.

5. Conclusão

As análises mostram que a *Podocnemis expansa* prefere nidificar longe do turismo e em praias que tenham menor fragmentação em sua proximidade. Portanto, esse estudo evidencia que as atividades antrópicas podem prejudicar a nidificação das tartarugas e mostra a relevância da estrutura espacial da vegetação, no que tange aos fragmentos de habitat no entorno de 600 m das praias. Esses resultados podem ser utilizados pelos órgãos ambientais de maneira a subsidiar o processo de licenciamento ambiental e a identificação de áreas prioritárias de conservação.

Apesar das análises apontarem que a cobertura de vegetação nativa no rio Crixás-Açu não afeta a seleção das praias de nidificação, mais pesquisas devem ser feitas para avaliar esse comportamento materno em rios com diferentes níveis de cobertura vegetal. Futuros estudos também devem analisar outros fatores que podem estar afetando a seleção de locais de nidificação pela *P. expansa*, como a altura e inclinação das praias, propriedades do solo e risco de predação. Essas informações são úteis para o desenvolvimento de estratégias de conservação e mitigação de impactos nas populações destes quelônios.

6. Referências

- ALHO, C. J. R.; CARVALHO, A. G.; PÁDUA, L. F. M. Ecologia da tartaruga da Amazônia e avaliação de seu manejo na Reserva Biológica do Trombetas. **Brasil Florestal**, v. 38, p. 29–47, 1979.
- ALHO, C. J. R.; PÁDUA, L. F. M. Sincronia entre o regime de vazante do rio e o comportamento de nidificação da tartaruga da Amazônia *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). **Acta Amazonica**, v. 12, n. 2, p. 323–326, 1982.
- ALKINDI, A. Y. A. et al. The effect of physical and human factors on beach selection by green turtles (*Chelonia mydas*) at Ras Al-Hadd Reserve, Oman. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 5, n. 2, p. 289–294, 2006.
- BOM, V. L.; BARBERI, M. Educação ambiental não formal na construção de valores da comunidade infantil durante a temporada de julho no rio Crixás-Açu. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 831–851, 2021.
- BOWEN, K. D.; JANZEN, F. J. Human recreation and the nesting ecology of a freshwater turtle (*Chrysemys picta*). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 7, n. 1, p. 95–100, 2008.
- CANTARELLI, V. H.; MALVASIO, A.; VERDADE, L. M. Brazil's *Podocnemis expansa* conservation program: Retrospective and future directions. **Chelonian Conservation and**

Biology, v. 13, n. 1, p. 124–128, 2014.

CASAL, A. C. et al. Uso histórico y actual de las tortugas charapa (*Podocnemis expansa*) y terecay (*Podocnemis unifilis*) en la Orinoquia y la Amazonia. **Biota Colombiana**, v. 14, n. 1, p. 45–64, 2013.

CASTRO, P. DE T. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Caracterização ecogeomorfológica das áreas de desova de quelônios de água doce (gênero *Podocnemis*) no entorno da Ilha do Bananal, Rio Araguaia. **Geografias**, v. 04, n. 1, p. 15–22, 2008.

CZAJA, R. A. et al. The role of nest depth and site choice in mitigating the effects of climate change on an oviparous reptile. **Diversity**, v. 12, n. 4, 2020.

DE LA ESPERANZA, A. O. et al. Are anthropogenic factors affecting nesting habitat of sea turtles? The case of Kanzul beach, Riviera Maya-Tulum (Mexico). **Journal of Coastal Conservation**, v. 21, n. 1, p. 85–93, 2017.

ESCALONA, T.; VALENZUELA, N.; ADAMS, D. C. Nesting ecology in the freshwater turtle *Podocnemis unifilis*: Spatiotemporal patterns and inferred explanations. **Functional Ecology**, v. 23, n. 4, p. 826–835, 2009.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 487–515, 2003.

FERRARA, C. R. et al. **Quelônios Amazônicos: Guia de identificação e distribuição**. Manaus: Wildlife Conservation Society, 2017.

FERREIRA JÚNIOR, P. D.; CASTRO, P. D. T. A. Geological characteristics of the nesting areas of the giant Amazon river turtle (*Podocnemis expansa*) in the Crixás-Açu river in Goiás State, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 249–258, 2006.

FOLEY, S. M.; PRICE, S. J.; DORCAS, M. E. Nest-site selection and nest depredation of semi-aquatic turtles on golf courses. **Urban Ecosystems**, v. 15, n. 2, p. 489–497, 2012.

HESELBARTH, M. H. K. et al. landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography** 42, 2019.

HIJMANS, R. J. **raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package**, 2021.

HINDERAKER, S. E. **Spatio-Temporal Ecology of Amazonian Freshwater Turtles**. Thesis. Master of Science in Tropical Ecology. Norwegian University of Life Sciences, 2021.

HUGHES, E. J.; BROOKS, R. J. The good mother: Does nest-site selection constitute parental investment in turtles? **Canadian Journal of Zoology**, v. 84, p. 1545–1554, 2006.

HUGHES, G. N.; GREAVES, W. F.; LITZGUS, J. D. Nest-site selection by wood turtles (*Glyptemys insculpta*) in a thermally limited environment. **Northeastern Naturalist**, v. 16, n. 3, p. 321–338, 2009.

KIKUKAWA, A.; KAMEZAKI, N.; OTA, H. Factors affecting nesting beach selection by loggerhead turtles (*Caretta caretta*): A multiple regression approach. **Journal of Zoology**, v. 249, n. 4, p. 447–454, 1999.

KOLBE, J. J.; JANZEN, F. J. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. **Ecology**, v. 83, n. 1, p. 269–281, 2002.

LAMB, J. Y.; ENNEN, J. R.; QUALLS, C. P. Environmental characteristics of nest sites

selected by gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*) in southern mississippi. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 12, n. 2, p. 227–234, 2013.

MAHBUB, R. BIN; AHMED, N.; YEASMIN, F. Towards reducing the data gap in the conservation efforts for sea turtles in Bangladesh. **Regional Studies in Marine Science**, v. 35, 2020.

MILLER, J. L. et al. Nest-site selection among reintroduced *Macrochelys temminckii*. **Southwestern Naturalist**, v. 59, n. 2, p. 188–192, 2014.

MITCHELL, J. C.; WALLS, S. C. Nest site selection by Diamond-Backed terrapins (*Malaclemys terrapin*) on a mid-atlantic barrier island. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 12, n. 2, p. 303–308, 2013.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995.

NAVARRO, R. D.; ALVES, A. C. T. L. Neonatal biometry and characterization of amazonian turtle nests (*Podocnemis expansa*). **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 43, p. 1–7, 2021.

PANTOJA-LIMA, J. et al. Seleção de locais de desova e sobrevivência de ninhos de quelônios *Podocnemis* no baixo rio Purus, Amazonas, Brasil. **Revista Colombiana Ciência Animal**, v. 1, n. 1, p. 37–59, 2009.

PEBESMA, E. **Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data**. The R Journal 10 (1), 2018.

PETROV, K. et al. Nesting habitat of the Broad-Shelled turtle (*Chelodina expansa*). **Australian Journal of Zoology**, v. 66, n. 1, p. 4–14, 2018.

PIGNATI, M. T. et al. Nesting site and hatching success of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in a floodplain area in lower Amazon River, Pará, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 8, n. 3, p. 175–185, 2013.

PRUETT, J. E.; ADDIS, E. A.; WARNER, D. A. The influence of maternal nesting behaviour on offspring survival: evidence from correlational and cross-fostering studies. **Animal Behaviour**, v. 153, p. 15–24, 2019.

QUINTANA, I. et al. Nest removal by humans creates an evolutionary trap for Amazonian freshwater turtles. **Journal of Zoology**, v. 309, n. 2, p. 94–105, 2019.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

REFSNIDER, J. M.; JANZEN, F. J. Putting eggs in one basket: Ecological and evolutionary hypotheses for variation in oviposition-site choice. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, n. 1, p. 39–57, 2010.

REFSNIDER, J. M.; WARNER, D. A.; JANZEN, F. J. Does shade cover availability limit nest-site choice in two populations of a turtle with temperature-dependent sex determination? **Journal of Thermal Biology**, v. 38, n. 3, p. 152–158, 2013.

RESTREPO, A.; PIÑEROS, V. J.; PÁEZ, V. P. Nest site selection by Colombian slider turtles, *Trachemys callirostris callirostris* (Testudines: Emydidae), in the Mompos Depression, Colombia. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 5, n. 2, p. 249–254, 2006.

ROSS, N. **fasterize: Fast Polygon to Raster Conversion**, 2020.

SCHWARZKOPF, L.; BROOKS, R. J. Nest-site selection and offspring sex ratio in Painted turtles, *Chrysemys picta*. **Copeia**, n. 1, p. 53–61, 1987.

SPENCER, R. J.; THOMPSON, M. B. The significance of predation in nest site selection of turtles: An experimental consideration of macro- and microhabitat preferences. **Oikos**, v. 102, n. 3, p. 592–600, 2003.

TENNEKES, M. **tmap: Thematic Maps in R** Journal of Statistical Software 84(6), 2018.

VIDOLIN, G. P.; BIONDI, D.; WANDEMBRUCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. **Revista Arvore**, v. 35, n. 3, p. 515–525, 2011.

WILSON, D. S. Nest-site selection: Microhabitat variation and its effects on the survival of turtle embryos. **Ecology**, v. 79, n. 6, p. 1884–1892, 1998.