



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS DO AMBIENTE - CIAMB

JULIANE NANCY LIMA PORTO

PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS DE *Podocnemis expansa*: efeito dos avanços da agropecuária.

Palmas - TO
Abril, 2019

JULIANE NANCY LIMA PORTO

PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS DE *Podocnemis expansa*: efeito dos avanços da agropecuária.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente – PPGCIAMB, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente.

Orientadora: Profa Dra. Adriana Malvasio

**Palmas - TO
Abril, 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- P853p Porto, Juliane Nancy Lima.
PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS DE *Podocnemis expansa*: efeito dos avanços da agropecuária.. / Juliane Nancy Lima Porto. – Palmas, TO, 2019.
66 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências do Ambiente, 2019.
Orientadora : Adriana Malvasio
1. Quelônios. 2. Ecofisiologia. 3. Impacto Ambiental. 4. Agropecuária. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

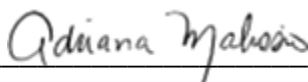
TERMO DE APROVAÇÃO

JULIANE NANCY LIMA PORTO

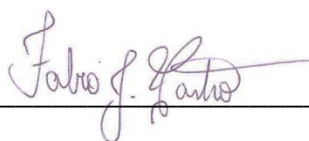
PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS DE *Podocnemis expansa*: efeito dos avanços da agropecuária.

Dissertação aprovada como requisito final para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do Tocantins, pela seguinte banca examinadora:

Data da aprovação: 15 de março de 2019.



Profª. Dra. Adriana Malvasio (Orientadora)
Universidade Federal do Tocantins - UFT



Prof. Dr. Fábio de Jesus Castro (Membro externo)
Universidade Federal do Tocantins – UFT



Profª. Dra. Elineide E. Marques (Membro interno)
Universidade Federal do Tocantins - UFT

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força para enfrentar e superar os muitos obstáculos que surgiram nesses dois anos.

À minha orientadora, Dra. Adriana Malvasio, pelos ensinamentos, oportunidades e confiança em realizar a presente pesquisa. Agradeço também por ser tão paciente comigo, diante dos diversos problemas pessoais que influenciaram na minha trajetória acadêmica.

Ao Sr. Elói Bernardon Amélio, por abrir as portas da Fazenda Praia Alta para receber o Grupo CROQUE e permitir a realização desse estudo. E aos funcionários da fazenda pelo apoio prestado durante as atividades em campo.

Ao Grupo CROQUE, em especial ao Adson, Avanilson, Carla, Daiana, Jullyana, Heitor, Mauro e Rosildo, pela disponibilidade, ajuda e experiências em campo. Sem essa equipe seria inviável realizar o estudo.

Ao Matheus, pelo auxílio na construção dos mapas.

Às minhas rainhas, Solange e Maria Eugênia, é por vocês que procuro sempre evoluir.

À Dona Selma, Sr. Antônio, Thaynara e Thaynnã. Vocês foram fundamentais nessa etapa da minha vida. Obrigada pela amizade e compreensão.

À uma garotinha muito especial na minha vida. Mariza, obrigada por tudo que fez por mim nesses dois anos, sem sua amizade eu não teria conseguido.

Aos meus amigos, que mesmo de longe me deram todo o suporte. Em especial ao Alexandre, Eder, Gutemberg e Kelly.

Ao meu irmão Gustavo, pelas risadas e conversas diárias por vídeo chamada. Sem você nada faria sentido.

Aos Ciambeiros, obrigada pela amizade de todos vocês. O mestrado foi uma experiência incrível, principalmente por ter vocês ao meu lado.

À Universidade Federal do Tocantins, pela oportunidade de realizar a pesquisa e por todo apoio logístico.

À Capes, pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	14
INTRODUÇÃO GERAL.....	10
Aspectos gerais dos Répteis	10
Aspectos gerais dos quelônios.....	11
<i>Podocnemis expansa</i>	15
Conservação da espécie.....	17
A agropecuária.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO I – Análise do uso e ocupação do solo pela agropecuária na Bacia Hidrográfica do Araguaia e a relação com níveis de vazão.....	25
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
Área de estudo.....	28
Coleta de dados.....	29
Análise de dados.....	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
Uso e ocupação do solo no intervalo de 1985 a 2017.....	31
Níveis de vazão e precipitação.....	37
CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
CAPÍTULO II – Parâmetros ecofisiológicos de <i>Podocnemis expansa</i> (SCHWEIGGER, 1812) de ambiente natural e criatório comercial.....	48
INTRODUÇÃO.....	49
MATERIAL E MÉTODOS.....	50
Área de Estudo.....	50
Período, amostra e método de captura para o estudo ecofisiológico.....	53
Experimentos ecofisiológicos.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Formas de troca de calor entre o ambiente e um quelônio terrestre. Fonte: Adaptado de Pough <i>et al.</i> (2008).	14
Figura 2- A) <i>Podocnemis expansa</i> . B) Carapaça de <i>P. expansa</i> evidenciando a parte posterior mais larga.	16
Figura 3 - Demarcação da Bacia do Rio Araguaia e sua localização no Brasil.	29
Figura 4 - Bacia Hidrográfica do Alto Araguaia e as quatro <i>ottobacias</i> analisadas.....	30
Figura 5- Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia no ano de 1985.	32
Figura 6- Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia no ano de 1996.	33
Figura 7- Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia no ano de 2006.	34
Figura 8- Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia no ano de 2017.....	35
Figura 9- Decomposição da série temporal fluviométrica.....	39
Figura 10- As barras horizontais representam as médias mensais sazonais de vazão, enquanto as barras verticais indicam o desvio anual da média mensal sazonal.	39
Figura 11- Decomposição da série temporal pluviométrica.	40
Figura 12- As barras horizontais representam as médias mensais sazonais de precipitação, enquanto as barras verticais indicam o desvio anual da média mensal sazonal.	40
Figura 13 - Série temporal da proporção da área ocupada pela agropecuária nas quatro <i>ottobacias</i> analisadas da Bacia do Alto Araguaia.	41
Figura 14 - Funções de autocorrelação entre as séries temporais na Bacia 6246. Série 1 representa a série temporal da vazão dos rios, enquanto a série 2 representa a proporção de área ocupada pela agropecuária dentro de cada <i>ottobacia</i> analisada da bacia do Alto Araguaia.	42
Figura 15 - Funções de autocorrelação entre as séries temporais na Bacia 6247. Série 1 representa a série temporal da vazão dos rios, enquanto a série 2 representa a proporção de área ocupada pela agropecuária dentro de cada <i>ottobacia</i> analisada da bacia do Alto Araguaia.	42
Figura 16 - Funções de autocorrelação entre as séries temporais na Bacia 6248. Série 1 representa a série temporal da vazão dos rios, enquanto a série 2 representa a proporção de área ocupada pela agropecuária dentro de cada <i>ottobacia</i> analisada da bacia do Alto Araguaia.	43
Figura 17 - Funções de autocorrelação entre as séries temporais na Bacia 6249. Série 1 representa a série temporal da vazão dos rios, enquanto a série 2 representa a proporção de área ocupada pela agropecuária dentro de cada <i>ottobacia</i> analisada da bacia do Alto Araguaia.	43
Figura 18- Localização do município da Lagoa da Confusão no Estado do Tocantins.	51
Figura 19- Localização da Fazenda Praia Alta no município da Lagoa da Confusão e os dois pontos de coleta, o do cativeiro e do ambiente natural no Rio Formoso.....	52
Figura 20- A) Barcos paralelos na coleta utilizando método de rede de arrasto. B e C) Bolsa formada pela rede após a união dos barcos com tartarugas da espécie <i>P. expansa</i> . Fonte: Juliane Porto.	54

Figura 21- Cocho cheio com água, onde realizou-se os testes em diferentes temperaturas com as tartarugas.	56
Figura 22- Curvas de desempenho da espécie <i>P. expansa</i> provenientes de ambiente natural e de cativeiro.	57
Figura 23 - Gráfico enfatizando a diferença no desempenho e na temperatura do nado entre indivíduos de <i>P. expansa</i> de cativeiro e vida livre.	59

RESUMO

Dada a importância da agropecuária na Região Norte e Centro-Oeste, locais de distribuição da espécie *Podocnemis expansa*, objetivou-se estudar se os impactos causados pelo avanço da agropecuária pode afetar o ambiente a ponto de interferir na temperatura ótima de desempenho destes animais. Com isso elaborou-se a curva de desempenho dessa espécie, a fim de compreender qual temperatura ótima para a sua performance, comparando indivíduos de ambiente natural e criatório comercial. Além disso, realizou-se a análise de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Araguaia entre o período de 1985 a 2017, para mostrar o avanço do setor agropecuário. Foi feita ainda uma análise das variações nos níveis de vazão e precipitação na Bacia do Alto Araguaia, no mesmo recorte temporal, em que procurou-se identificar possíveis alterações na vazão causadas pela prática agropecuária. O estudo ecofisiológico foi realizado no município da Lagoa da Confusão – TO no período de vazante ano de 2018. Foram coletados animais de ambiente natural e cativeiro, estes indivíduos foram submetidos a baixas e altas temperaturas objetivando encontrar o crítico mínimo e máximo, respectivamente, além de serem submetidas a 6 baterias de testes em 3 temperaturas distintas para compor a curva de desempenho locomotor. Cada bateria consistiu em cronometrar o tempo de nado em um percurso de 2 metros. Com o valor da temperatura crítica mínima e máxima foi possível compor o gráfico junto com esses resultados. Para a análise de uso e ocupação do solo foram elaborados mapas dos anos de 1985, 1996, 2006, 2017 da Bacia do Rio Araguaia. Os mapas foram obtidos através do Projeto MapBiomias, processados e tratados no software Qgis. Já para a análise de vazão e precipitação realizou coleta de dados fluviométricos e pluviométricos de 24 e 34 estações, respectivamente, na plataforma HidroWeb da Agência Nacional das Águas, inseridas na Bacia do Alto Araguaia, a fim de obter a decomposição da série temporal, detectando os efeitos da sazonalidade e de tendências na variação da vazão e da precipitação. Os dados foram corrigidos utilizando pacote *Amelia* e testados por meio de modelos lineares de efeitos mistos (LMMs) a relação da vazão dos rios com a área percentual ocupada pela agropecuária nas *ottobacias* de nível 4 da ANA. O resultado obtido quanto ao desempenho locomotor da tartaruga *P. expansa*, indica diferença significativa ($P < 0,001$) na curva de desempenho locomotor entre indivíduos provenientes dos dois ambientes. Tartarugas do criatório comercial mostraram um desempenho inferior comparados aos animais de ambiente natural, entretanto observou-se que os animais de cativeiro tiveram uma melhor performance em temperaturas maiores. Quanto ao uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia, constatou-se um aumento acima de 8 milhões de ha. Houve diferença significativa entre os níveis de vazão e precipitação ao longo dos anos, e relação negativa significativa entre a área ocupada pela agropecuária e a vazão médias das Bacia do Alto Araguaia. A partir dos resultados obtidos tomou-se conhecimento de que o avanço da área ocupada pela agropecuária afeta o ambiente de sobrevivência de *P. expansa* e que a espécie apresenta um comportamento termoconformador, indicando que um aumento severo na temperatura poderá levar a espécie a extinção, visto que não possui comportamento termorregulador.

Palavras-chave: Temperatura. Uso e ocupação do solo. Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia.

ABSTRACT

Due to the importance of agriculture in the North and Central-West Region, distribution sites of the species *Podocnemis expansa*, the objective was to study if the impacts caused by the advancement of agriculture and livestock can affect the environment to the point of interfering with the optimal temperature of performance of these animals. With this, the performance curve of this species was elaborated, in order to understand the optimum temperature for its performance, comparing individuals of natural environment and commercial production. In addition, the analysis of land use and occupation in the Araguaia Basin was conducted between 1985 and 2017 to show the progress of the agricultural sector. An analysis was also made of the variations in flow and precipitation levels in the Alto Araguaia Basin, in the same time cut, in which it was possible to identify possible changes in the flow caused by the agricultural practice. The ecophysiological study was carried out in the municipality of Lagoa da Confusão - OT in the period of ebbing season of 2018. Animals were collected from natural environment and captivity, these individuals were submitted to low and high temperatures aiming to find the minimum and maximum critical, respectively, in addition to be submitted to 6 test batteries at 3 different temperatures to compose the locomotor performance curve. Each battery consisted of timing the swim time on a 2 meter course. With the value of the minimum and maximum critical temperature it was possible to compose the graph along with these results. For the analysis of land use and occupation, maps of the years of 1985, 1996, 2006, and 2017 of the Araguaia River Basin were elaborated. The maps were obtained through the MapBiomas Project, processed and treated in Qgis software. For the analysis of flow and rainfall, rainwater and rainfall data were collected from 24 and 34 stations, respectively, on the HidroWeb platform of the National Water Agency, inserted in the Alto Araguaia Basin, in order to obtain the time series decomposition, detecting the effects of seasonality and trends in flow and precipitation variation. The data were corrected using Amelia package and tested by means of mixed effects linear models (LMMs) the ratio of river flow with the percentage area occupied by agriculture in the ANA level 4 ottobacias. The result obtained with regard to the locomotor performance of the *P. expansa* turtle indicates a significant difference ($P < 0.001$) in the locomotor performance curve between individuals from both environments. Commercial turtle turtles showed inferior performance compared to wild-type animals, however, it was observed that captive animals had a better performance at higher temperatures. Concerning the use and occupation of the soil in the Araguaia River Basin, an increase of over 8 million ha was observed. There was a significant difference between the flow and precipitation levels over the years, and a significant negative relation between the area occupied by agriculture and the average flow of the Alto Araguaia Basin. From the results obtained, it was known that the advance of the area occupied by agriculture affects the environment of survival of *P. expansa* and that the species presents a thermoforming behavior, indicating that a severe increase in temperature could lead the species to extinction, since it does not have thermoregulatory behavior.

Key words: Temperature. Use and occupation of soil. Hydrographic Basin of the Araguaia River.

INTRODUÇÃO GERAL

Aspectos gerais dos Répteis

Os répteis constituem um grupo de organismos vivos bem adaptados, estando presentes na maior parte do globo, incluindo os oceanos e os ambientes mais instáveis da Terra (PINCHEIRA-DONOSO *et al.*, 2013). Nos levantamentos realizados recentemente constatou-se que já haviam sido descritas 10.885 espécies de répteis (UETZ; FREED; HOŠEK, 2018), sendo que no Brasil foi documentada a ocorrência de 795, dos quais 36 são da ordem Chelonia (COSTA; BÉRNILS, 2018).

Os répteis são caracterizados pela capacidade de interagir com o meio ambiente para regular a temperatura do corpo, fenômeno denominado ectotermia. Diferente dos endotérmicos que precisam se alimentar para gerar energia e manter a temperatura corporal, os répteis podem realizar essa atividade retirando calor do ambiente, gastando menos energia. Outra característica dos répteis é possuir o corpo coberto por escamas ou placas córneas e ter os ovos cobertos por uma concha calcária (GIBBONS *et al.*, 2000; MARTINS; MOLINA, 2008). Pertencente a este grupo as serpentes, lagartos, anfisbenas, jacarés e quelônios.

No Brasil, os répteis estão presentes em praticamente todos os ecossistemas, principalmente nas regiões mais quentes, sendo que a Amazônia é o local que possui maior riqueza de espécies. Martins e Molina (2008) ressaltam que os répteis são especialistas em habitats, que significa que são incapazes de sobreviver em locais muito diferentes, ou seja, os ambientes alterados pelo homem.

O declínio na população de répteis se dá por diversos fatores estressores constantes, alguns conhecidos outros não, e se não forem mitigados conseqüentemente as espécies entrarão em extinção. É possível inferir que o declínio dos répteis se agrava na proporção em que a população humana aumenta. Os principais motivos atribuídos à redução dessas espécies são: perda e degradação de habitat, espécies exóticas, poluição ambiental, doenças, parasitismo, uso insustentável e mudanças climáticas globais (GIBBONS *et al.*, 2000).

Nota-se que grande parte dos fatores estressores estão sendo causados pelas atividades antrópicas. De acordo com Rodrigues (2005) a destruição do habitat é considerada a principal ameaça aos répteis. Quanto às mudanças climáticas, os répteis estão respondendo de diferentes formas compensatórias aos impactos, enquanto umas espécies entram em extinção, outras adquirem mudanças na fenologia, migram para locais mais favoráveis ou modificam seus hábitos diários e sazonais (SINERVO *et al.*, 2010; FITZGERALD *et al.*, 2018). A

sobrevivência de grande parte dos répteis dependerá da capacidade de adaptação por plasticidade comportamental e plasticidade fisiológica (SINERVO *et al.*, 2010) diante das alterações climáticas, porém uma das soluções para algumas espécies sobreviverem se resume a mudança de habitat, que acaba sendo afetada novamente pela atividade antrópica (FITZGERALD *et al.*, 2018). Como dito anteriormente, muitos répteis não sobrevivem em ambientes diferentes daquele a que está habituado e devido à fragmentação de paisagem, as espécies não conseguem migrar para regiões mais favoráveis, encontrando novamente um obstáculo para sua sobrevivência.

Aspectos gerais dos quelônios

Os Testudines ou Chelonia são répteis que datam do Triássico e que possuem aspectos primitivos e características especializadas, como a presença de casco, que permitem seu sucesso até os dias atuais. Dentro dos Chelonia existem duas linhagens, a primeira é a Cryptodira, caracterizada por retrair a cabeça para dentro do casco curvando o pescoço verticalmente em "S" e a segunda linhagem, denominada Pleurodira, é caracterizada por retrair o pescoço horizontalmente (POUGH; JANIS; HEISER, 2008; FERRARA *et al.*, 2016). Atualmente já foram descritas 351 espécies de quelônios, abrangendo formas terrestres e aquáticas, de água doce e marinha (UETZ; FREED; HOŠEK, 2018).

Os quelônios, popularmente conhecidos como tartarugas, cágados e jabutis, têm como característica marcante a presença de um casco, que é composto pela carapaça (porção superior) e pelo plastrão (porção inferior) e que são unidas lateralmente envolvendo o corpo do animal. A carapaça surgiu da fusão dos ossos dérmicos, com as costelas e as vértebras na região dorsal e o plastrão surgiu com a fusão dos ossos dérmicos com o esterno na região ventral (VITT; CALDWELL, 2014; FERRARA *et al.*, 2016). Os ossos da carapaça e do plastrão são cobertos por escudos córneos de origem epidérmica que não coincidem em posição e número com os ossos (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Características do casco, como formato, coloração, tamanho, número de escudos e suas posições são características essenciais para a identificação das espécies (SALERA JÚNIOR; MALVASIO, 2005).

Outra característica peculiar dos quelônios é a presença de bainhas queratinosas na maxila e mandíbula de algumas espécies, denominados de bico córneo, estes funcionam como superfícies cortadoras e esmagadoras que substituem os dentes. Também são caracterizados por apresentar alto grau de variabilidade dos membros dependendo do ambiente que eles habitam. Os quelônios podem ser terrestres, marinhos ou de água doce e possuem adaptações

morfológicas para cada tipo de ambiente (POUGH; JANIS; HEISER, 2008; VITT; CALDWELL, 2014).

Os quelônios são ovíparos e a determinação sexual na maioria deles se dá por influências ambientais durante o período de desenvolvimento embrionário, fenômeno conhecido como *determinação sexual dependente da temperatura* (VITT; CALDWELL, 2014; FERRARA *et al.*, 2016). Pough, Janis e Heiser (2008) acrescentam ainda que a umidade, concentrações de oxigênio e dióxido de carbono exercem importante influência nesse período. A diferenciação das gônadas ocorre, geralmente, no segundo trimestre do período de incubação e é regulada pela temperatura média do ninho neste período (POUGH; JANIS; HEISER, 2008; VITT; CALDWELL, 2014). Porém estudos mostram que o período de diferenciação pode ocorrer no último trimestre, como foi observado para *P. expansa* (BONACH *et al.*, 2011). O intervalo de variação de temperatura que determinará qual sexo será formado é muito pequeno e varia pouco entre espécies. Para quelônios, em maiores temperaturas são produzidas fêmeas e em menores temperaturas machos (POUGH; JANIS; HEISER, 2008; VITT; CALDWELL, 2014; FERRARA *et al.*, 2016), existindo ainda uma zona de transição que produz fêmeas e machos (FERREIRA JÚNIOR, 2009). Alguns autores citam outro padrão, em que temperaturas baixas e altas produzem fêmeas e temperaturas intermediárias geram machos (EWERT; JACKSON; NELSON, 1994; BONACH *et al.*, 2011).

As espécies de quelônios possuem grande importância alimentar, cultural e econômica, sendo estes alguns dos motivos das espécies estarem ameaçadas de extinção. Os quelônios fazem parte da dieta de muitas populações tradicionais, um estudo realizado com a população ribeirinha do rio Javaés, mostra que grande parte da população consome jabutis e tartarugas dos gêneros *Cheloinidis* e *Podocnemis*, respectivamente (ATAÍDES; MALVASIO; PARENTE, 2010). Segundo os autores, além de servir como alimento os quelônios também são utilizados para a produção de medicamentos, utilizados pela população que não tem acesso ao serviço de saúde ou não possuem condições de comprar medicamentos. Constatou-se ainda que as populações ribeirinhas possuem espécies de quelônios como animais de estimação e que têm consciência do declínio da população de quelônios no entorno do Javaés devido a caça predatória.

A importância alimentar e cultural dos quelônios não é recente, 80 sepulturas localizadas no Sultanato de Omã situada na Península Arábica, que datam entre 4000 até 3000 a.C., continham restos ósseos de *Chelonia mydas*, como crânios e maxilas, mostrando que desde aquele período havia consumo de quelônios, além de 383 ossículos de *Dermochelys*

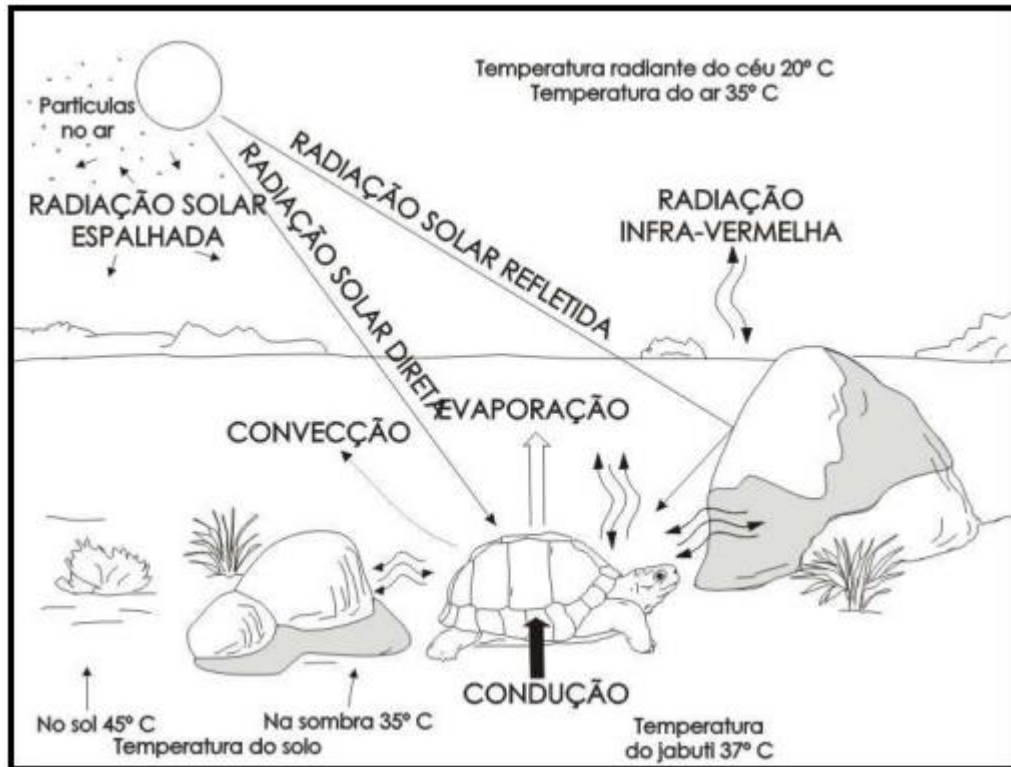
coriacea que foram recuperados em um sítio arqueológico na região costeira de Omã, estima-se que tenha entre 5600 a 2500 anos a.C., sendo que 91% deste material está relacionado a artefatos culturais e/ou ecofatos deixados por atividades humanas passadas (FRAZIER *et al.*, 2018).

Os quelônios apresentam grande importância na cadeia alimentar do ecossistema no qual está inserido, com isso, além da predação realizada pelos humanos, grande parte da população é morta por outras espécies, como é possível observar no trabalho realizado por Salera Júnior, Malvasio e Portelina (2009), que aproximadamente 66% dos ninhos de *Podocnemis unifilis* foram predados em dois anos de estudo. Observaram ainda que ninhos de *P. unifilis* e *P. expansa* foram predadas pelas seguintes espécies: urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), urubu-de-cabeça-vermelha (*Cathartes aura*), urubu-tinga (*Cathartes burrovianus*), carcarás (*Polyborus plancus*), gavião-carapateiro (*Mivalgo chimachima*), jaburu (*Jabiru mycteria*), cabeça-seca (*Mycteria americana*), maguari (*Ciconia maguari*) e garça-branca-grande (*Casmerodius albus*). As fêmeas de *P. unifilis* foram predadas durante a postura por jacaré-açú (*Melanosuchus niger*), onça-pintada (*Panthera onca*) e onça-parda (*Puma concolor*). Neste estudo é possível observar que os períodos de nidificação, em que ocorre grande atividade terrestre, são os mais perigosos para as espécies aquáticas e ações de conservação são necessárias para a preservação dessas espécies.

Quanto a temperatura corporal, os quelônios são animais ectotérmicos e dependem de trocas de calor com o ambiente para regular a temperatura corporal. Em grande parte dos répteis a temperatura é regulada em pequenos intervalos de exposição, utilizando o sol ou superfícies quentes para o ganho de calor e, sombra, água ou superfícies frescas para a perda de calor. A ocorrência espacial e o padrão de atividade temporal desses animais estão de alguma forma, sempre relacionadas com a temperatura (POUGH; JANIS; HEISER, 2008; VITT; CALDWELL, 2014). Com isso, é possível inferir que qualquer alteração em nível de ecossistema pode implicar na sua atividade comportamental.

Na figura 1 é possível observar as formas de como a energia é trocada entre um quelônio terrestre e o ambiente. A posição adotada pelo animal pode alterar a rota de troca de energia, assim é possível o animal regular a temperatura corpórea (SALERA JÚNIOR, MALVASIO, 2005) de acordo com suas necessidades.

Figura 1-Formas de troca de calor entre o ambiente e um quelônio terrestre. Fonte: Adaptado de Pough *et al.* (2008).



O maior desafio para esses animais é encontrar a temperatura ideal para realizar suas funções comportamentais e fisiológicas simultaneamente, de forma a não oferecer riscos as suas vidas. Existe uma temperatura mínima e máxima voluntária que determina a faixa de atividades realizadas por eles, quando não é possível manter a temperatura dentro desses limites a atividade é interrompida. Entretanto, pode acontecer da temperatura ultrapassar tais limites, atingindo valores mínimos e máximos críticos, que em alguns casos chegam ao mínimo ou máximo letal (VITT; CALDWELL, 2014). Além disso, estudos feitos com lagartos, serpentes e tartarugas mostraram que os ectotérmicos possuem mecanismos fisiológicos que permitem o animal ajustar a taxa de mudança de temperatura, com isso é possível aquecer mais depressa e resfriar lentamente. Esse fenômeno é realizado por meio de alterações na circulação periférica (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Nos répteis, o comportamento foi o processo aparentemente mais afetado com a variação de temperatura do corpo, observando-se que quanto menor a temperatura do indivíduo menor a taxa de atividade realizada pelo mesmo (POUGH; JANIS; HEISER, 2008; VITT; CALDWELL, 2014). Huey (1957) demonstra que baixas temperaturas são equivalentes a um baixo desempenho, quando a temperatura sobe o desempenho do animal

melhora, porém se a temperatura ultrapassa a temperatura ótima, o desempenho do animal declina.

Um estudo realizado com as espécies *P. unifilis* e *Phrynops geoffroanus* mostrou que as espécies não apresentaram apenas um valor ótimo de temperatura, mas sim uma variação entre 24,31 e 30,61°C. Ainda foi possível concluir que estes animais não termorregularam nas praias, pois as temperaturas destes locais estavam 15°C acima da temperatura suportada pelos quelônios, ou seja, os ambientes escolhidos para termorregulação são aqueles que apresentam temperatura próxima da temperatura média preferida por estes animais (EMIDIO JÚNIOR; BARRADAS, 2017). Com isso, futuras alterações ambientais dadas pelo aquecimento global podem influenciar negativamente a fisiologia de quelônios se ultrapassar o máximo suportado por eles, impedindo-os de realizar as atividades básicas para sua sobrevivência.

Tedeschi *et al.* (2016) evidenciaram que existe variação na resposta da expressão gênica ao choque térmico, quando submetem embriões da espécie *Caretta caretta* a um sistema não letal de choque térmico. Isto é, os quelônios possuem mecanismos comportamentais limitados para evitar altas temperaturas de incubação, dessa forma é essencial um mecanismo fisiológico, neste caso em nível molecular, que possa suportar ou até mesmo se adaptar ao previsto aumento da temperatura global. Contudo, apesar dessa plasticidade que permite alterações fisiológicas de acordo com a temperatura de incubação, esse mecanismo será eficiente até certo ponto de aquecimento, pois o ritmo de mudanças climáticas é mais acelerado que o potencial evolutivo das espécies.

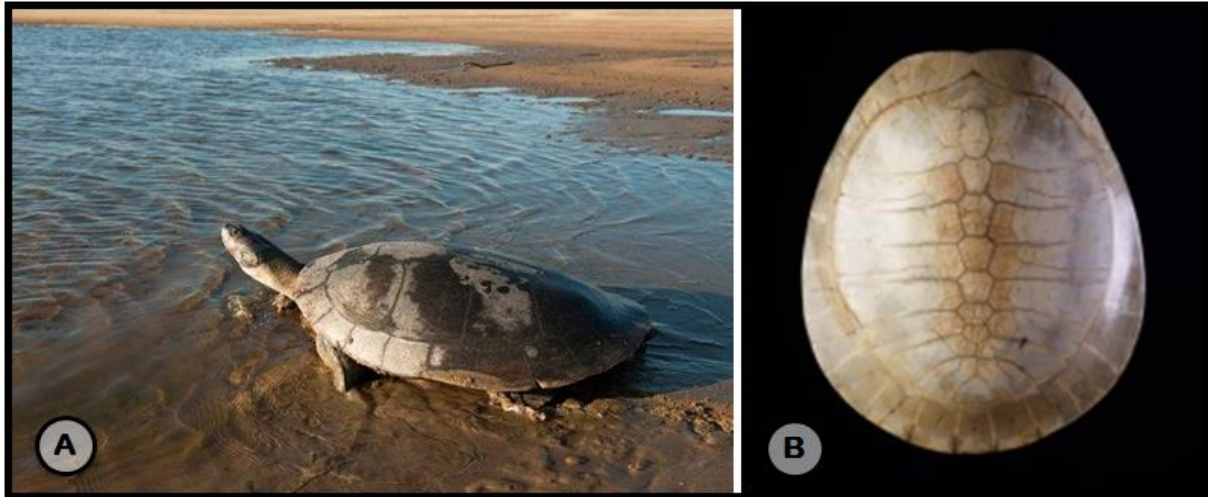
A capacidade fisiológica dos organismos ectotérmicos de se adaptarem ao ambiente, são verificadas por meio de estudos ecofisiológicos. Essa ciência nos dá entendimento da biologia do animal e de seu comportamento de acordo com variações externas e auxilia na discussão de ações conservacionistas, de acordo com a característica de cada espécie (SINERVO *et al.*, 2010).

Podocnemis expansa

A espécie *P. expansa* (Figura 2A), popularmente conhecida como tartaruga-da-amazônia, pertence à família Podocnemididae e pertence a linhagem dos Pleurodira. A tartaruga-da-amazônia pode ser encontrada no Brasil, Colômbia, Venezuela, Guianas, Peru, Equador e Bolívia, sendo que no Brasil ocorrem em todos os estados da Região Norte, Goiás e Mato Grosso (VOGT *et al.*, 2015). A coloração varia entre marrom, verde-oliva ou cinza e, quando jovens, apresentam manchas amarelas na cabeça, que nas fêmeas escurecem ao passar

dos anos. A carapaça é caracterizada por ser achatada e mais larga na parte posterior (Figura 2A e B) (FERRARA *et al.*, 2016).

Figura 2- A) *Podocnemis expansa*. B) Carapaça de *P. expansa* evidenciando a parte posterior mais larga. Fonte: A) Google imagens B) Google imagens.



Os primeiros comportamentos de nidificação são observados quando o nível do rio começa a baixar (MOREIRA *et al.*, 2011) e as tartarugas começam a se agregar no meio do rio. Quando a vazante atinge seu nível máximo, é possível notar a presença das tartarugas próximas à praia (ALHO; PÁDUA, 1982). Segundo Salera Júnior e Malvasio (2005) o comportamento de nidificação de *P. expansa* pode ser dividido em 9 etapas, sendo elas a marcha, agregação em águas rasas, assoalhamento, perambulação pela praia, escavação do ninho, desova, fechamento do ninho, retorno para o rio e permanência das fêmeas no sítio de postura.

P. expansa possui grande importância econômica, alimentar e cultural. Desde o período colonial, seus ovos, carne, vísceras, gordura e casco são utilizados para a alimentação de populações ribeirinhas e fabricação de subprodutos para comercialização (ATAÍDES; MALVASIO; PARENTE, 2010; SALERA JÚNIOR; BALESTRA; LUZ, 2016). Em estudo realizado nas proximidades de Rio Javaés, foi constatado que a população ribeirinha tem preferência por consumir *P. expansa*, isso acontece por ser um animal de fácil captura durante o período de nidificação e por estarem sempre em grupo durante esse período (ATAÍDES; MALVASIO; PARENTE, 2010; MOREIRA *et al.*, 2011). O consumo indiscriminado de *P. expansa*, fez com que a espécie fosse incluída em programas de conservação desde a década de 60 (SALERA JÚNIOR; BALESTRA; LUZ, 2016). Entretanto, ainda é classificada com

baixo risco e dependente de ações que as protejam, especialmente em períodos de reprodução (IUCN, 2016).

Acredita-se que a população dessa espécie tenha sofrido um declínio de 30% nos últimos 90 anos tendo como causa principal a apanha de ovos e de fêmeas reprodutoras (VOGT *et al.*, 2015), caça extrativista, superexploração de ovos e de fêmeas para consumo não tradicional e alagamento de sítios de nidificação pela construção de hidrelétricas (SALERA JÚNIOR; BALESTRA; LUZ, 2016). Além de alterações dos habitats por queimadas, desmatamento das matas ciliares, canalização de cursos d'água, poluição ambiental, aterramento de áreas alagadas, turismo, entre outros (PORTELINHA, 2010).

Conservação da espécie

No Brasil os planos de conservação são baseados na conservação biológica e no uso sustentável dos recursos naturais. Atualmente os programas de conservação de biodiversidade mais utilizados são as Unidades de Conservação (UCs), hoje com 1.544.833 Km² de áreas protegidas, o Brasil totaliza 2029 UCs. Além da criação de UCs, também foram implementados os Planos de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção (PAN), visando proteger espécies ameaçadas os PANs se resumem em ações criadas e praticadas em conjunto com governos estaduais, municipais, universidades e sociedade civil. Outra estratégia de conservação que está sendo desenvolvida é denominada de Plano de Redução de Impactos à Biodiversidade causados por Atividades Antrópicas, o objetivo desta terceira ação de conservação é entender as ameaças e elaborar formas de mitigar os seus efeitos sobre a biodiversidade, buscando harmonizar as atividades antrópicas com a conservação das espécies (ICMBio, 2016).

As tartarugas são bastante conhecidas por serem animais de vida longa, possuir baixo índice reprodutivo e baixas taxas de crescimento, alcançando tardiamente a maturidade sexual. Longos períodos de vida estão relacionados a baixas taxas de substituição de indivíduos na população, fazendo com que sejam vulneráveis a extinção quando as populações são reduzidas pela caça ou destruição dos habitats (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Um dos primeiros programas de conservação de quelônios foi o “Projeto Quelônios da Amazônia”, agora extinto, que teve como um dos objetivos proteger as áreas de nidificação de tartarugas de água doce, entre elas, *P. expansa*, e foi com esse projeto que a espécie foi retirada da lista de espécies ameaçadas de extinção (CANTARELLI; MALVASIO; VERDADE, 2013).

Além da conservação em habitat natural, a instalação de criatórios comerciais teve como finalidade diminuir a pressão sobre os animais que vivem no ambiente natural. Visando a redução da caça e do comércio ilegal de *P. expansa*, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), por meio da Portaria nº 142/92 normatizou a criação dessa espécie em cativeiro comercial, dada a importância socioeconômica que esta representa para as comunidades que vivem nas áreas de ocorrência desta espécie (BRASIL, 1993).

Apesar desses esforços, após a normatização dos criatórios a comercialização não foi possibilitada devido à falta de organização dos produtores, que não possuem preparo para colocar o produto no mercado e nem apoio governamental para praticar a comercialização (CANTARELLI, 2006). Além de problemas estruturais com os cativeiros, que necessitam de manutenção constante, alto custo das rações, carência de subsídios e de assistência técnica (SILVA *et al.*, 2012).

A agropecuária

A prática agropecuária teve início há milhões de anos com os grupos de caçadores-coletores, que eram formados por pessoas que sobreviviam da coleta de vegetais e da caça para a subsistência. Estes grupos possuíam uma vasta experiência em coletas de recursos para o seu sustento, inclusive manuseio de vegetais, antes mesmo do surgimento da agricultura. Entretanto, mudança nos tamanhos das populações levou a modificações na forma de sobrevivência, fazendo com que esses grupos se instalassem em local fixo e começassem a praticar agricultura e criação de animais (MORÁN, 2011).

Com o passar dos anos a agricultura se modificou de sistemas extensivos de produção para sistemas intensivos, em que utiliza a irrigação e a mecanização para produzir em maior quantidade e melhor qualidade (MORÁN, 2011). Em âmbito mundial, o avanço agrícola se deu também a partir das transformações no modo de produção ocorridas a partir de descobertas científicas, pelos avanços tecnológicos e pela expansão da capacidade produtiva. Este padrão denominado de “agricultura moderna” passou a se espalhar inicialmente pela Europa e depois para outras regiões que já praticavam a agricultura.

As condições climáticas, físicas, além do alto investimento nas ciências voltadas para essa área e em novidades tecnológicas, fazem do Brasil o maior produtor e exportador agrícola do mundo, sendo o agronegócio a principal atividade econômica do país. Pesquisas

recentes mostram o Brasil em posição de destaque quanto às exportações, isso foi possível devido às inovações e melhorias de produção incentivadas por instituições de pesquisa, pelas agências de extensão, por empresas do setor privado fornecedoras de equipamentos e matérias primas necessárias e pelos agricultores. Atualmente o Brasil é líder em exportação de soja, café em grão, açúcar in natura, açúcar refinado, suco de laranja, carne bovina e carne de frango (MARANHÃO; VIEIRA FILHO, 2017).

Quanto maior o avanço agrícola, maior os impactos ambientais consequentes dele. Florestas são destruídas, habitats são perdidos, a biodiversidade é afetada, o solo além de sofrer erosão está sendo constantemente contaminado, assim como os recursos naturais e os alimentos (BALSAN, 2006; LIMA 2010). Harding *et al.* (1998) observaram que a biodiversidade aquática diminui de acordo com o uso da terra em diferentes bacias hidrográficas e que em alguns casos, para a preservação da biodiversidade, será necessário a conservação de grande parte da bacia hidrográfica, ou até mesmo da bacia inteira. Os autores ressaltam ainda que os efeitos da prática agrícola sobre a biodiversidade serão percebidos em longo prazo.

A agricultura possui grande importância para a economia tocantinense, com capacidade suficiente para atender a demanda das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (SANTOS; RABELO, 2008), sendo a maior concentração da prática agrícola no município da Lagoa da Confusão – TO. Entretanto, para suprir as exigências do crescente avanço agropecuário, são necessárias tecnologias que ocasionam danos ao ambiente e a biota (LIMA, 2010).

Paz, Teodoro e Mendonça (2000) afirmaram que uma ferramenta de avanço na agricultura que permite um crescente aumento na produção de alimento e, conseqüentemente, maior quantidade de safras por ano, é a implantação de canais de irrigação. No Tocantins, está em vigência o Projeto de Irrigação das Várzeas do Araguaia, que abrange o município da Lagoa da Confusão com o Projeto Rio Formoso (LIMA; PARENTE; MALVASIO, 2013). Segundo Santos e Rabelo (2008), o Estado do Tocantins, entre os rios Araguaia e afluentes, Urubu, Javaés e Formoso, possui a maior área de irrigação por gravidade do mundo, o que contribui para o avanço da agricultura na região. Contudo, os impactos negativos causados pela prática agrícola no Rio Formoso, no município da Lagoa da Confusão – TO, causam depreciação na qualidade química da água devido ao uso excessivo de agrotóxicos, rebaixamento do aquífero, afugentamento da fauna e mudança no comportamento reprodutivo de espécies que utilizam o ambiente terrestre para depositar seus ovos (LOPES, 2016).

Mediante o exposto, este trabalho tem como objetivo compreender parâmetros ecofisiológicos de *P. expansa* provenientes de ambientes de criatório comercial e natural, comparando com fatores ambientais e impactos causados pela agropecuária na Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia, distribuídos no (i) Capítulo I - Análise do uso e ocupação do solo pela agropecuária na Bacia Hidrográfica do Araguaia e a relação com níveis de vazão; (ii) Capítulo II - Parâmetros ecofisiológicos de *Podocnemis expansa* (SCHWEIGGER, 1812) de ambiente natural e criatório comercial; e (iii) Considerações finais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, C. J. R.; PÁDUA, L. F. M. Sincronia entre regime de vazante do rio e o comportamento de nidificação da tartaruga da Amazônia *Podocnemis expansa* (Testudinatas: Pelomedusidae). **Acta Amazônica**, v. 12, n. 2, p. 323-26, 1982.

ATAÍDES, A. G.; MALVASIO, A.; PARENTE, T. G. Percepção sobre o consumo de quelônios no entorno do Parque Nacional do Araguaia, Tocantins: conhecimentos para a conservação. **Gaia Scientia**, v. 1, n. 4, p.7-20, 2010.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-51, 2006.

BONACH, K. et al. Temperature-sex determination in *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 101, n. 3, p. 151-5, 2011.

BRASIL. Portaria nº 142 de 30 de dezembro de 1992. Dispõe sobre a implantação e o funcionamento de criadouros comerciais de Tartaruga-da-amazônia, *Podocnemis expansa* e do Tracajá, *Podocnemis unifilis*. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, n. 14, p. 922, 21 jan. 1993. Seção 1.

CANTARELLI, V. H. **Alometria reprodutiva da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*): bases biológicas para o manejo**. 2006. 116f. Tese (Doutorado em Ecologia Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. 2006.

CANTARELLI, V. H.; MALVASIO, A. VERDADE, L. M. Brazil's *Podocnemis expansa* conservation program: retrospective and future directions. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 12, n. 2, 2013.

COSTA, H. C.; BÉRNILS, R. S. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: lista de espécies. **Herpetologia Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 11-58, 2018.

EMIDIO JÚNIOR, C.; BARRADAS, A. C. Por que as tartarugas não termorregulam na praia? Ecologia térmica de quelônios (Testudines: *Podocnemis unifilis* e *Phrynops geoffroanus*) do rio Kuluene. **Revista de Ciênc. Agroamb.**, v. 15, n. 2, 2017.

EWERT, M. A.; JACKSON, D. R.; NELSON, C. E. Patterns of temperature-dependent sex determination in turtles. **The Journal of Experimental Zoology**, v. 270, p. 3-15, 1994.

FERRARA, C. R. et al. História natural e biologia dos quelônios amazônicos. In: BALESTRA, R. A. M. (Org.). **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Brasília: IBAMA, 2016. 136p.

FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 1, p. 139-54, 2009.

FITZGERALD, L. A. et al. The future for reptiles: advances and challenges in the Anthropocene. **Encyclopedia of the Anthropocene**, v. 3, p. 163-74, 2018.

FRAZIER, J.G. et al. Remains of leatherback turtles, *Dermodochelys coriacea*, at mid-late Holocene archaeological sites in coastal Oman: clues of past worlds. **PeerJ**, DOI 10.7717/peerj.6123, 2018.

GIBBONS, J.W. et al. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. **BioScience**, v. 50, n. 8, p. 653-66, 2000.

HARDING, J. S. et al. Stream biodiversity: the ghost of land use past. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 95, p. 14843-47, 1998.

HUEY, R. B. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. **Reptile physiology and ecology**, p. 25-91, 1957.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Sumário executivo do livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. IBAMA: Brasília, 2016. 76p.

IUCN. **Tortoise e Freshwater Turtle Specialist Group**. *Podocnemis expansa* (errata version published in 2016). The IUCN red list of threatened species 1996: Disponível em

<<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T17822A7500662.en>> Acesso em 23 de fev. 2019.

LIMA, R. A. M. **Avaliação da contaminação de *Leptodactylus ocellatus*, ocasionada por agrotóxicos, na sub-bacia do Rio Urubu – TO.** 2010. 176f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas. 2010.

LIMA, R. A. M.; PARENTE, T. G.; MALVASIO, A. Concepções dos trabalhadores sobre o uso de agrotóxicos em projetos de irrigação, Lagoa da Confusão – TO, Brasil. **Gaia Scientia**, v. 7, n. 1, p. 31-41, 2013.

LOPES, T. K. M. **Estudo da característica estrutural das praias de nidificação de *Podocnemis expansa* e dos impactos potenciais decorrentes da atividade antrópica em áreas ribeirinhas na bacia do Araguaia- TO.** 2016. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas. 2016.

MARANHÃO, R. L. A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Inserção internacional do agronegócio brasileiro, Texto para Discussão, nº 2318.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2017.

MARTINS, M.; MOLINA, F.B. Panorama geral dos répteis ameaçados no Brasil. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção.** 1.ed. MMA: Brasília, DF, 2008. 1420 p.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea.** São Paulo: Editora UNESP; Brasília: NEAD, 2010. 568p.

MORAN, E. F. **Meio ambiente e ciências sociais: interações homem-ambiente e sustentabilidade.** São Paulo: Senac, 2011. 307 p.

MOREIRA, J. R. et al. *Podocnemis expansa* (Giant South American River Turtle) nesting range expansion. **Herpetological Review**, v. 42, n. 4, p. 594-6, 2011.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 465-73, 2000.

PINCHEIRA-DONOSO, D. et al. Global taxonomic diversity of living Reptiles. **Plos One**, v. 8, n. 3, e59741, 2013.

PORTELINHA, T. C. G. **Estrutura populacional e alometria reprodutiva de *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae) no entorno do Parque Nacional do Araguaia, Tocantins**. 2010. 110f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba. 2010.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A Vida dos Vertebrados**. 4ª ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2008. 684 p.

RODRIGUES, M. T. Conservação dos répteis brasileiros: os desafios para um país megadiverso. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 87-94, 2005.

SALERA JÚNIOR, G.; MALVASIO, A. **Biologia e conservação dos quelônios da Amazônia**. Palmas: UFT, 2005. 172p.

SALERA JÚNIOR, G.; MALVASIO, A.; PORTELINHA, T. C. G. Avaliação da predação de *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no rio Javaés, Tocantins. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 207-214, 2009.

SALERA JÚNIOR, G.; BALESTRA, R. A. M.; LUZ, V. L. F. Breve histórico da conservação dos quelônios amazônicos no Brasil. In: BALESTRA, R. A. M. (Org.). **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Brasília: IBAMA, 2016. 136p.

SANTOS, A. B.; RABELO, R. R. Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins. **Embrapa Arroz e Feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2008. 136p.

SILVA, F. N. L. et al. Criação de Tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*, Schweigger, 1812) em um empreendimento aquícola, diagnóstico rural participativo, Benevides, estado do Pará- Brasil. **Anais...** In: XV Simpósio de Biologia Marinha. Santos, 2012.

SINERVO, B. et al. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, v. 328, n. 894, p. 894-9, 2010.

TEDESCHI, J. N. et al. Heritable variation in heat shock gene expression: a potential mechanism for adaptation to thermal stress in embryos of sea turtles. **Proc. R. Soc. B** 283: 20152320, 2016.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, v. 2, n. 2, p. 21-42, 2005.

UETZ, P.; FREED, P.; HOŠEK, J. (orgs.), **The Reptile Database**, 2018. Disponível em: <http://www.reptile-database.org> Acesso em 29 jan. 2019.

VITT, L. J.; CALDWELL, J. **Herpetology**: an introductory biology of amphibians and reptiles. 4th ed., Academic Press, 2014. 757p.

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. ICMBio. 2015. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7431-repteis-podocnemis-expansa-tartaruga-da-amazonia2.html>> Acesso em 10 jul. 2017.

CAPÍTULO I – Análise do uso e ocupação do solo pela agropecuária na Bacia Hidrográfica do Araguaia e a relação com níveis de vazão.

RESUMO

Dada a importância econômica da agropecuária para a economia brasileira, objetivou-se analisar o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Araguaia entre o período de 1985 a 2017, evidenciando o avanço do setor agropecuário, além de investigar através de análises estatística se nesse período houve variações nos níveis de vazão e precipitação na Bacia do Alto Araguaia. Para a análise de uso e ocupação do solo foram elaborados mapas referente aos anos de 1985, 1996, 2006, 2017 da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia. Os mapas foram obtidos através do Projeto MapBiomas, processados e tratados no software Qgis. Para a análise de vazão e precipitação realizou coleta de dados fluviométricos e pluviométricos de 24 e 34 estações, respectivamente, na plataforma HydroWeb da Agência Nacional das Águas, respectivamente, inseridas na Bacia do Alto Araguaia. Quanto a análise estatística, avaliou-se os efeitos da sazonalidade e de tendências nas séries temporais de fluviometria e pluviometria. Após correção dos dados, testou-se por meio de modelos lineares de efeitos mistos (LMMs) a relação da vazão dos rios com a área percentual ocupada pela agropecuária nas *ottobacias* de nível 4 da ANA. Constatou-se um aumento acima de 8 milhões de hectares na área destinada a prática agropecuária. Houve diferença significativa entre os níveis de vazão e precipitação ao longo dos anos, e relação negativa entre a área ocupada pela agropecuária e a vazão médias das Bacia do Alto Araguaia.

Palavras-chave: Agronegócio. Impacto Ambiental. Vazão.

CAPÍTULO I – Analysis of land use and occupation by agriculture in the Araguaia Basin and the relationship with flow levels.

ABSTRACT

Given the economic importance of farming for the Brazilian economy, the objective was to analyze the use and occupation of the soil in the Araguaia Basin between 1985 and 2017, evidencing the advance of the agricultural sector, besides investigating through statistical analysis if in that There were variations in flow and precipitation levels in the Alto Araguaia Basin. For the analysis of land use and occupation, maps were elaborated for the years 1985, 1996, 2006, and 2017 of the Araguaia River Basin. The maps were obtained through the MapBiomass Project, processed and treated in Qgis software. For the analysis of flow and rainfall, rainwater and rainfall data were collected from 24 and 34 stations, respectively, on the HidroWeb platform of the National Water Agency, respectively, inserted in the Alto Araguaia Basin. Regarding the statistical analysis, we evaluated the effects of seasonality and trends in the time series of fluviometry and rainfall. After correcting the data, the relationship between the flow of the rivers and the percentage area occupied by agriculture and livestock in the ANA level 4 *ottobacias* was tested using linear mixed effects models (LMMs). There was an increase of more than 8 million hectares in the area destined to agricultural practice. There was a significant difference between the flow and precipitation levels over the years, and a negative relation between the area occupied by agriculture and the average flow of the Alto Araguaia Basin.

Keywords: Agribusiness. Environmental impact. Flow rate.

INTRODUÇÃO

O avanço da fronteira agrícola para as regiões Centro-Norte começou a partir da década de 60. Por estar em uma localização privilegiada, próximo a Brasília e das principais rotas de transportes e dos grandes mercados consumidores, esta região foi favorecida com incentivos do Estado que tinha como objetivo o desenvolvimento da economia no país a partir do agronegócio (SILVA, 2000). Desde então o uso e ocupação das terras foram exploradas de forma diferenciada. O processo de ocupação do Cerrado na região Centro-Oeste, passou a ter como objetivo a produção em larga escala e o uso intensivo da terra, processos estes apoiados em técnicas agronômicas e na alta tecnologia agropecuária, incluindo máquinas, sementes e, o principal, a gestão (BUAINAIN, 2014).

A Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia possui área de drenagem estritamente contida em território brasileiro, com características potenciais hídricas, agropecuárias, para navegação e geração de energia. Por esses motivos, essa região faz parte de um dinâmico processo de desenrolamento socioeconômico que deverá se intensificar nas próximas décadas em função das demandas por commodities, tanto em âmbito nacional como internacional (ANA, 2009).

O estado do Tocantins por apresentar grande potencial, tem passado por processo de grande expansão do agronegócio. Em que podemos citar o território demarcado como MATOPIBA, formado pelas mesorregiões situadas mais ao Sul do Estado do Maranhão, Leste do Estado do Tocantins, Sudoeste do Estado do Piauí e Extremo Oeste do Estado da Bahia. Estando situada dentro da demarcação de quatro bacias hidrográficas, sendo que 43% da área do MATOPIBA está inserida na Bacia dos Rios Tocantins-Araguaia (LANDAU; GUIMARÃES; SOUZA, 2014).

A expansão do agronegócio está gerando danos ambientais, que afetam a fauna, flora e a população humana. Os impactos causados em regiões de grande desenvolvimento commodities agrícolas têm sido destacados em vários trabalhos, como a abordagem de alto índice de desmatamento (INPE, 2015), impactos climáticos (SOUZA, 2016), contaminação do solo e fragmentação do cerrado (CABACINHA; CASTRO; GONÇALVES, 2010; BOMBARDI, 2017). Outra prática que tem contribuído para o impacto desses ambientes é a subirrigação em grandes propriedades nas várzeas do médio Araguaia. São encontrados muitos sistemas de bombeamento de água das bacias, como as bacias dos rios Formoso e Urubu, no município de Lagoa da Confusão (TO). Essa ação tem cooperado para a diminuição dos níveis dos cursos d'água. Durante a estação da seca as comunidades de

assentados da região sofrem com a falta de acesso a água em decorrência do uso desordenado pela subirrigação (SOUZA, 2016).

A Bacia Hidrográfica do Araguaia possui uma vasta biodiversidade (AQUINO; LATRUBESSE, SOUZA FILHO, 2008; CARDOSO; MARCUZZO, 2011), entre as espécies, estão os quelônios de água doce que dependem do sistema hídrico para completar seu ciclo de vida. Como indivíduos do gênero *Podocnemis* que tem o comportamento de nidificação determinado pelos regimes de cheia e vazante dos rios (SEGUNDO, 2012), tornando-se necessário compreender o sistema hídrico da bacia tendo como finalidade a conservação das espécies.

Partindo do que foi exposto o presente trabalho teve como objetivo principal analisar o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia entre os anos de 1985 e 2017. Além de analisar a variação da vazão e dos índices pluviométricos no mesmo período, na Bacia do Alto Araguaia, correlacionando-os com o avanço da agropecuária.

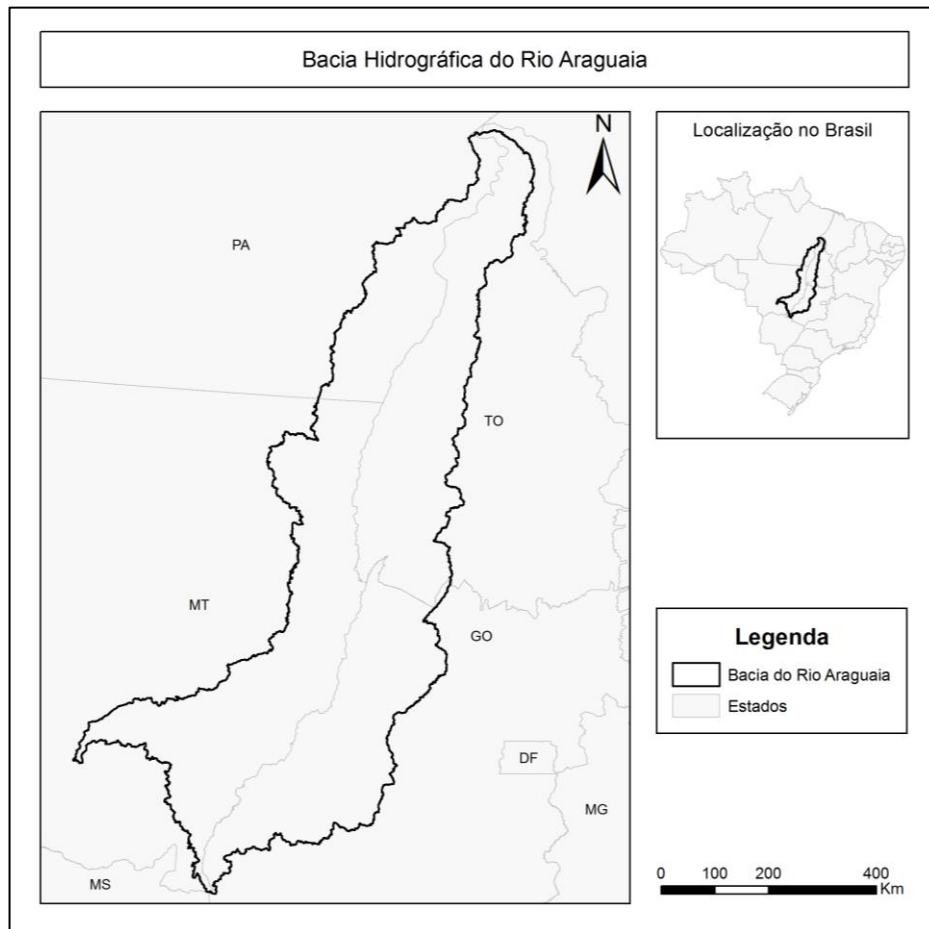
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Araguaia localiza-se predominantemente em quatro estados brasileiro, são eles: Goiás, Mato Grosso, Pará e Tocantins (Figura 9). Sendo que 24,2% faz parte do Goiás, 35,2% do Mato Grosso, 13,2% do Pará e 27,3% do Tocantins. Sua área total é de 385.044,13 km² com perímetro de 5.184,15 km². A Bacia do Rio Araguaia possui 297.625,3 km² (77%) de sua área no Domínio Cerrado e 87.418,7 km² (23%) no domínio amazônico e apresenta clima tropical (CARDOSO; MARCUZZO, 2011).

O rio Araguaia pode ser dividido em 3 trechos, Alto Araguaia que se estende das nascentes até o município Registro do Araguaia-GO, Médio Araguaia que vai de Registro do Araguaia até Conceição do Araguaia-PA e Baixo Araguaia que vai de conceição do Araguaia até a confluência com o rio Tocantins (CARVALHO, 2009). As análises de vazão e precipitação foram obtidas para o alto Araguaia devido a disponibilidades de dados.

Figura 3 - Demarcação da Bacia do Rio Araguaia e sua localização no Brasil.



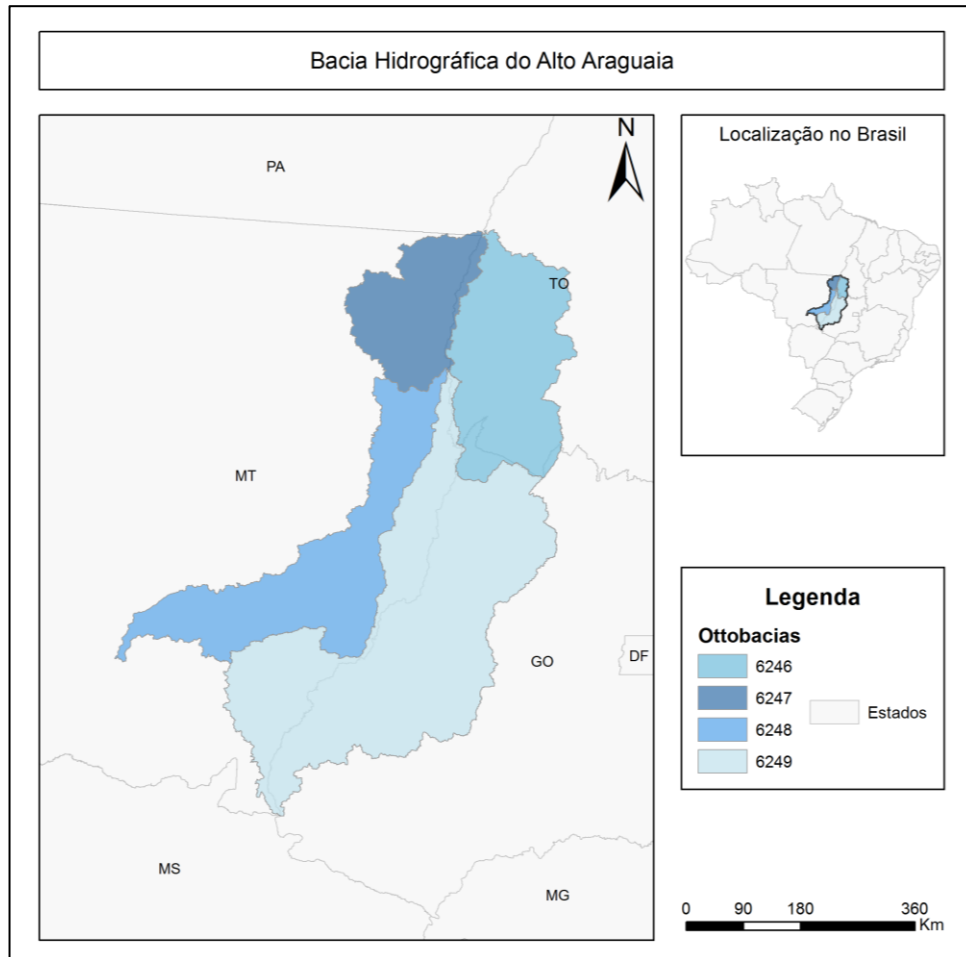
Coleta de dados

As informações fluviométricas e pluviométricas foram coletadas no banco de dados na plataforma online “HydroWeb v. 2.0.0.1” da Agência Nacional das Águas (ANA, 2018). Foram obtidos dados fluviométricos e pluviométricos de 24 e 34 estações, respectivamente, inseridas na Bacia do Alto Araguaia (Figura 10), desde 1985 até 2017. Essas estações estão contempladas, de acordo com a classificação da ANA, dentro de 4 *ottobacias* identificadas na figura 10.

Para a caracterização do uso e cobertura do solo na Bacia do Rio Araguaia foram gerados quatro mapas dentro do recorte temporal fixado anteriormente, sendo estes nos anos de 1985, 1996, 2006 e 2017. Os períodos foram escolhidos a partir de prévia análise em que observou um marcante avanço nesses períodos e devido a disponibilização dos dados de vazão e precipitação disponíveis. Os mapas foram produzidos a partir de imagens do Landsat obtidas do Projeto MapBiomas v.3.0, que consiste em uma iniciativa multi-institucional para

agrupar informações anuais de uso e cobertura do solo a partir da classificação aplicada a imagens de satélite. Os dados foram processados e tratados no software Qgis 2.18.

Figura 4 - Bacia Hidrográfica do Alto Araguaia e as quatro *ottobacias* analisadas.



Ressalta-se que no acervo do MapBiomas, as áreas são divididas em diferentes fitofisionomias, como Formações Florestais, Campestre e Savânica, que aqui foram incorporadas todas no item Vegetação. O mesmo ocorreu com o item Agropecuária destacado nos mapas, em que no site são demonstrados separadamente como Pastagem, Cultivo anual e perene, Cultivo semi-perene e Mosaico de Agricultura e Pastagem.

Análise de dados

Para a análise estatística, todos os dados coletados nas plataformas foram organizados e sistematizados. Para avaliar os efeitos da sazonalidade e de tendências nas séries temporais de fluviometria e pluviometria, foram realizadas decomposições das médias mensais de todas

as estações. Com essas médias, foi também testado por meio de modelos lineares simples (ou análises de covariância – ANCOVA) se há uma tendência com essas séries, levando também em consideração as variações mensais e entre estações.

Posteriormente, foi realizada uma imputação múltipla dos dados fluviométricos para estimar as médias mensais de vazão em meses e em estações que não foram realizadas medições, com o intuito de corrigir essas falhas. A imputação múltipla foi realizada por meio do pacote *Amelia* (HONAKER; KING; BLACKWELL, 2011).

Com os dados corrigidos, foi testada por meio de modelos lineares de efeitos mistos (*linear mixed-effects models* – LMMs), utilizando pacote *gamm4* (WOOD; SCHEIPL, 2017), a relação da vazão dos rios com a área percentual ocupada pela agropecuária nas *ottobacias* de nível 4 da ANA. As variáveis do ano, estação e das *ottobacias* foram incluídas como variáveis aleatórias para controlar as autocorrelações geográficas e temporais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

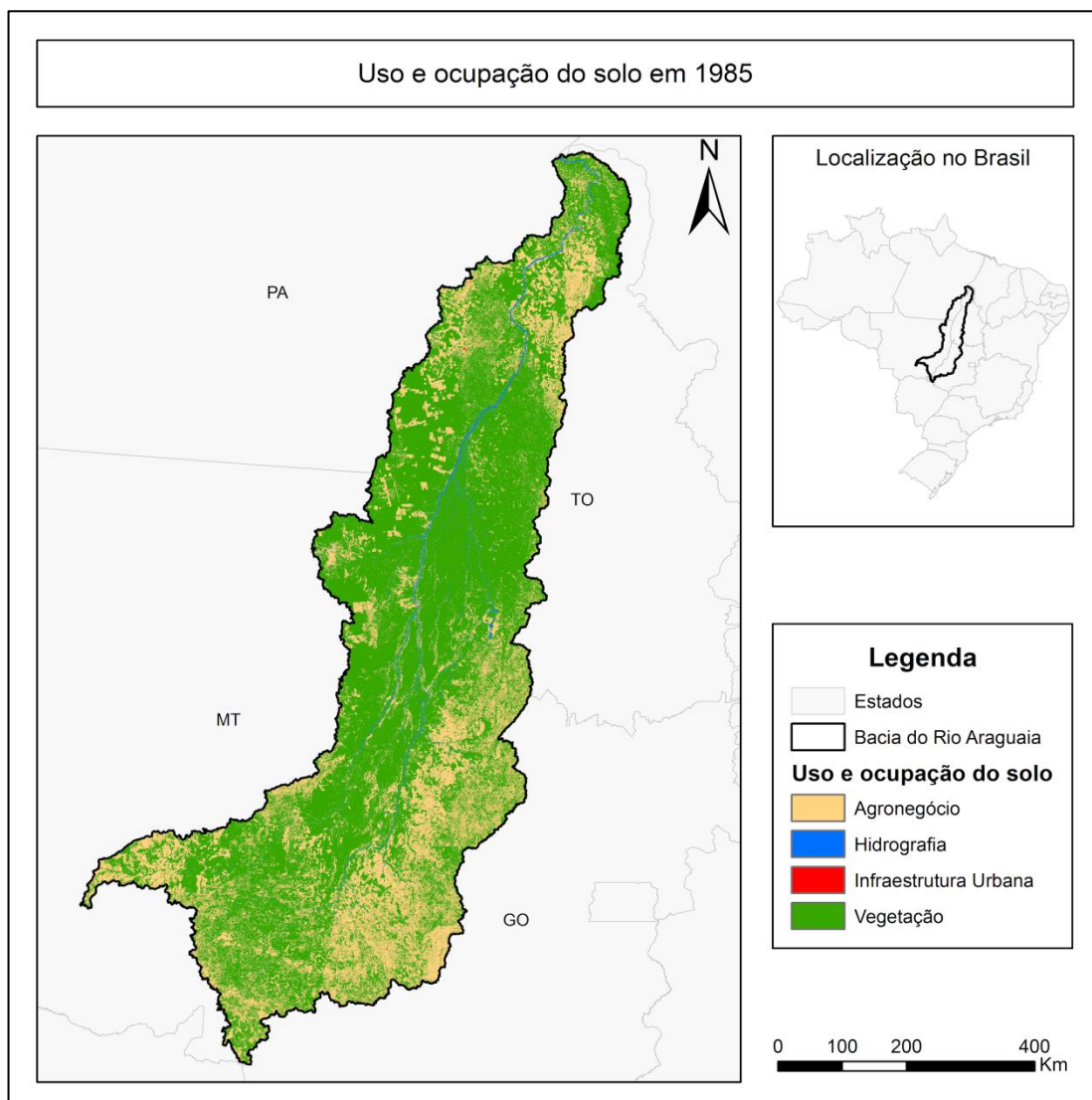
Uso e ocupação do solo no intervalo de 1985 a 2017

No mapa de uso e ocupação do solo no ano de 1985 (Figura 11), nota-se que grande parte da área ainda era ocupada por vegetação (Tabela 1). Nesse período a prática da atividade agrícola era rigorosamente controlada pelo governo, para que pudesse importar algum produto, como uma saca de trigo, por exemplo, era necessário obter uma autorização. Foi após a década de 90 que houve uma diminuição dos controles de produção e exportação, revolucionando o setor do agronegócio (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Buainain (2014) afirma que a ocupação do Centro Oeste pela atividade agrícola iniciou-se na década de 80, mostrando também na região Norte um avanço contínuo, em que florestas foram continuamente desmatadas e a área foi destinada à produção agrícola e pecuária. Um dos fatores determinante para a ocupação dessa área foi a construção da Rodovia Belém-Brasília, que resultou no surgimento de diversos municípios ao longo dessa região, que antes era considerada um vazio (ANA, 2009).

Tabela 1-Área ocupada pela Vegetação, Agropecuária e Hidrografia nos anos 1985, 1996, 2006 e 2017.

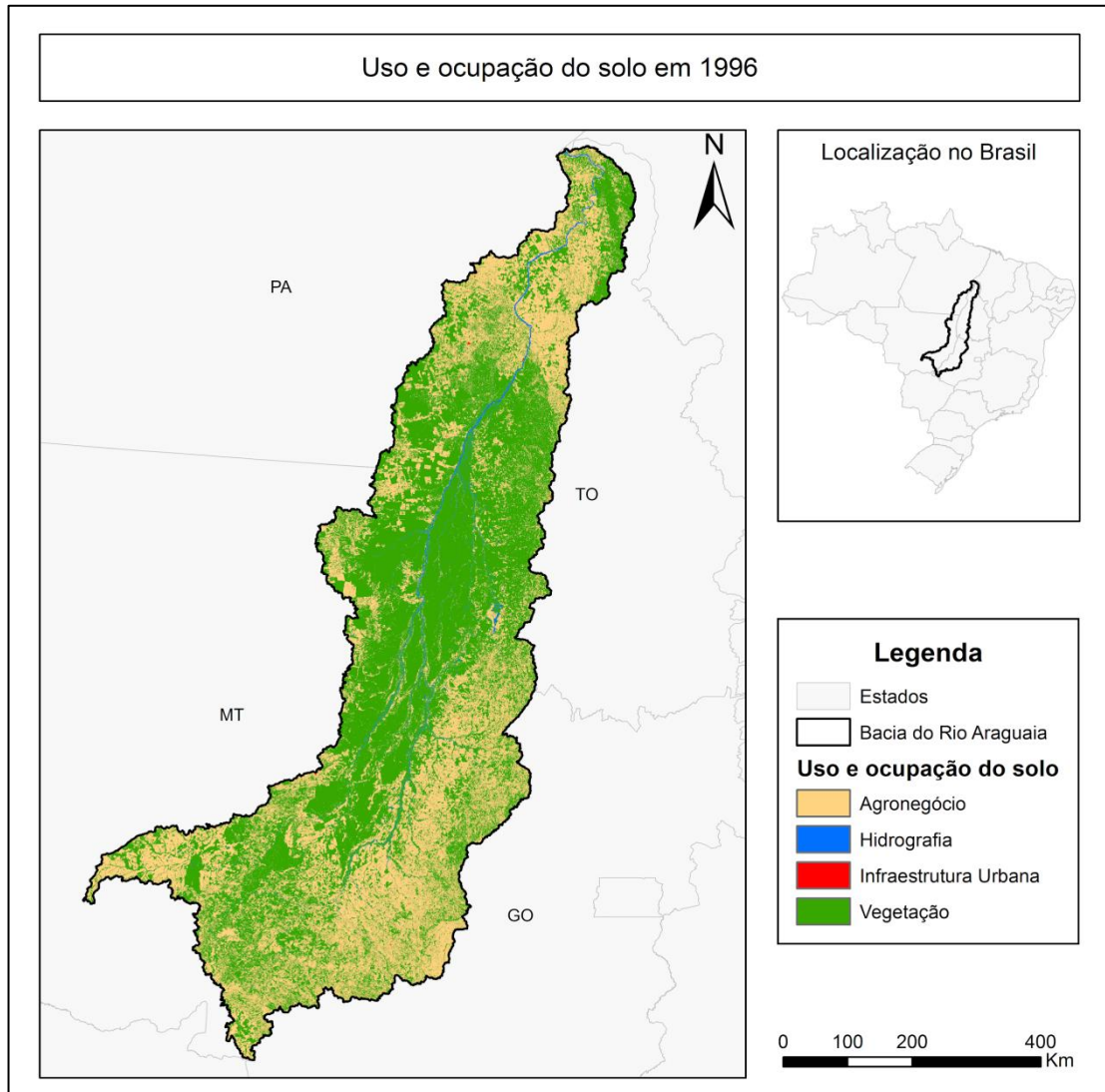
Área	Vegetação (ha)	Agropecuária (ha)	Hidrografia (ha)
Período			
1895	27.803.394, 27	10.220.883,83	332.654,09
1996	23.884.233, 39	14.152.589,01	334.657,02
2006	19.769.583, 14	18.261.358,71	344.407,31
2017	19.288.195, 79	18.672.270,95	338.047,10

Figura 5- Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia no ano de 1985.

Em 1996, já é possível observar que grande parte da bacia estava fragmentada pela substituição da cobertura vegetal por pastagem e agricultura (Figura 12). Em nove anos foi

registrado um aumento de 3,9 milhões ha, sendo que em 1985 a área dedicada a agropecuária se concentrava mais ao sul e ao norte da bacia, já em 1996 nota-se que há um avanço da prática agropecuária, indo na direção central da bacia.

Figura 6- Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia no ano de 1996.



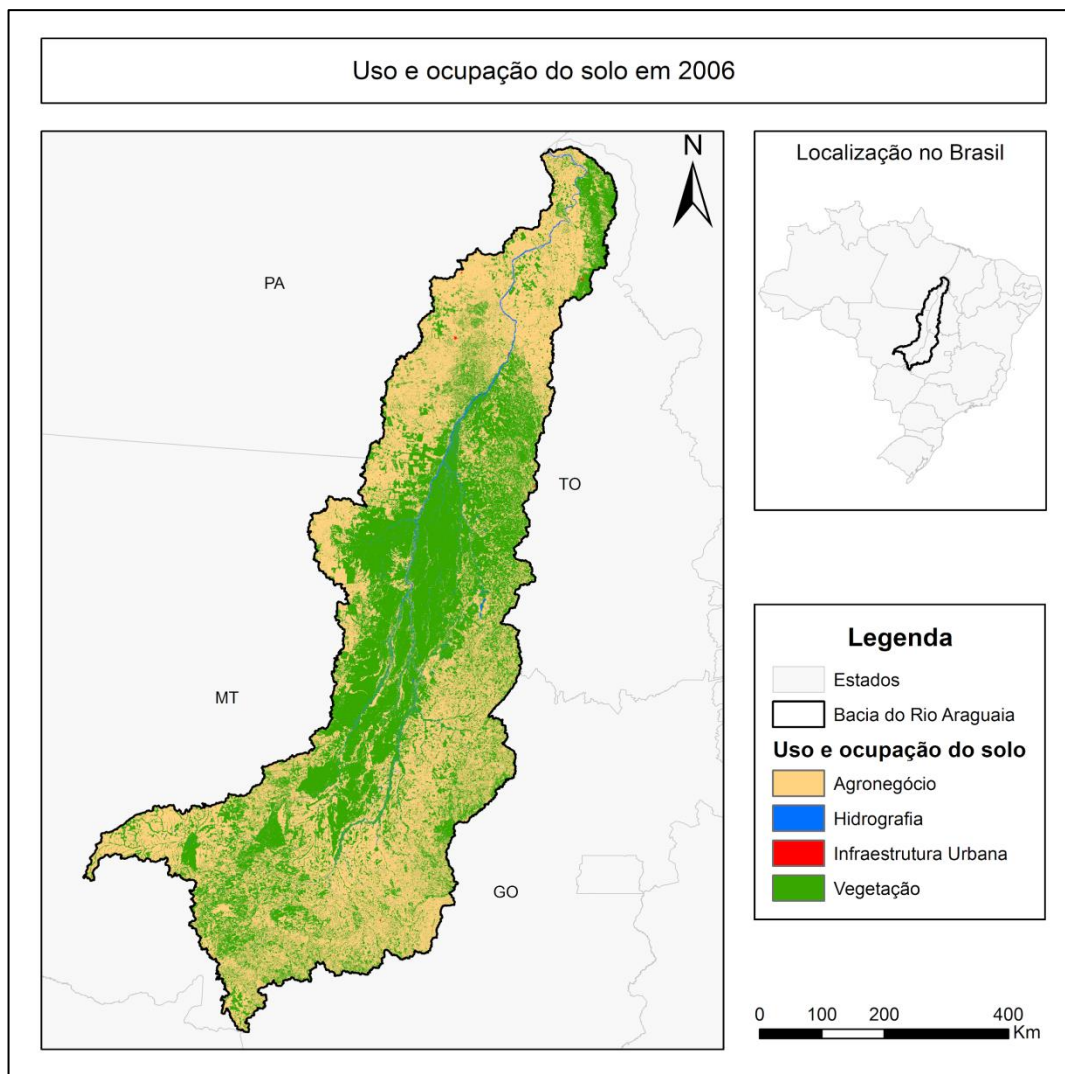
Em 1990, registrou-se um notório desempenho dos subsetores da lavoura e da pecuária, com maior desenvolvimento nas atividades agrícolas. Os principais motivos para esse avanço foram o aumento da produtividade, relacionada com a chegada de novas tecnologias e a melhora dos preços relativos, refletida no bom desempenho desse setor de atividade (CAMPOS; PAULA, 2002).

No ano de 2006 (Figura 13), a área ocupada pela agropecuária na Bacia do Rio Araguaia se aproximou da área coberta pela vegetação (Tabela 1). No período de 1970 e 2006

no Brasil a produção agropecuária cresceu cerca de seis vezes mais, como a produção da soja, milho e cana de açúcar, registrou-se também um aumento no número de cabeças de gados (BUAINAIN, 2014). O avanço da produção agrícola e pecuária nesse período foi possível pela reativação da atividade agropecuária em áreas que já haviam sido ocupadas anteriormente e que não estavam sendo utilizadas e pela ocupação de novas terras (BUAINAIN, 2014).

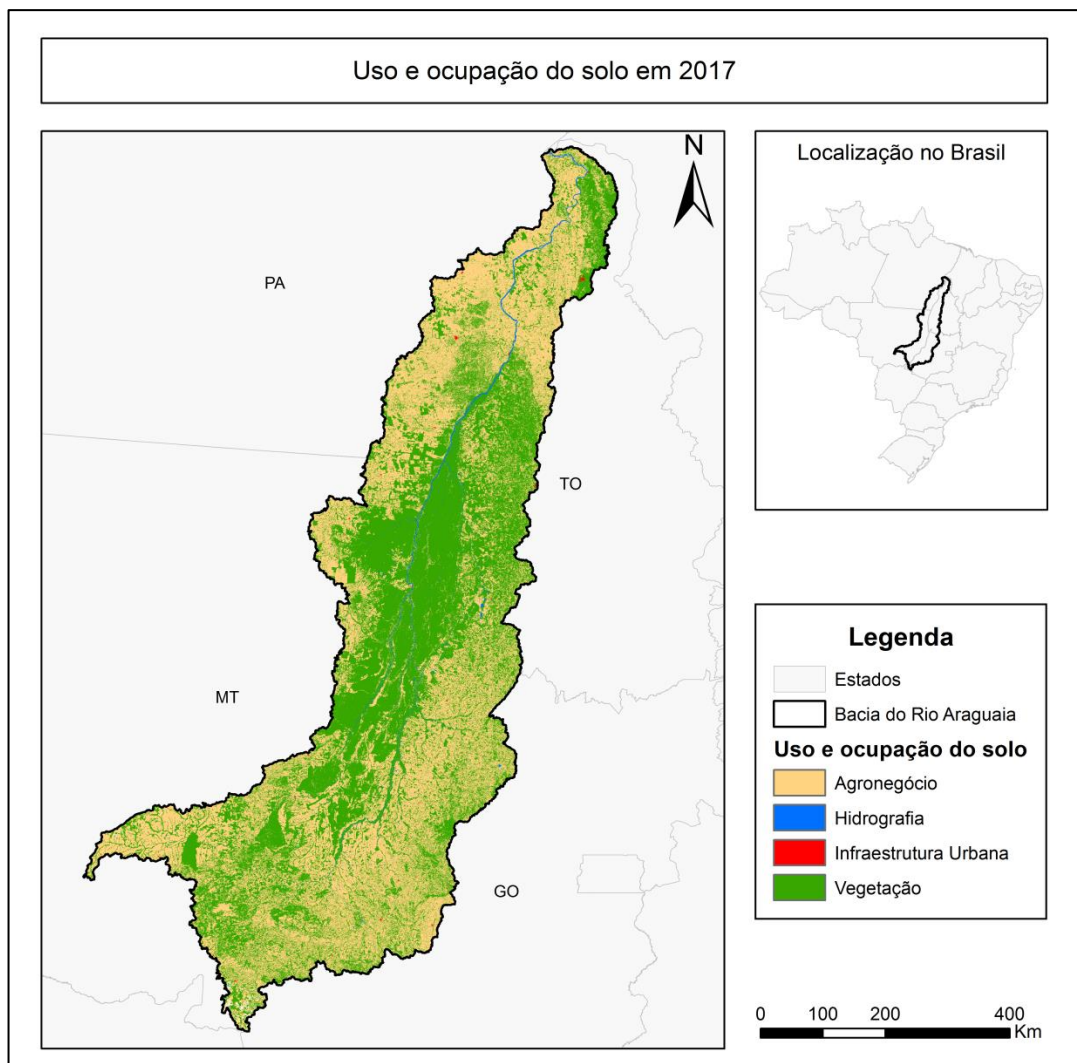
No período analisado, o Cerrado foi considerado o mais ocupado por pastagem no Brasil, sendo responsável por quase metade de toda a área com essa finalidade no país (SILVA, 2013). Neste mesmo estudo observou ainda que a pastagem natural ocupava uma grande área do território até 1980, após esse período foi observada uma acentuada substituição entre pastagem natural pela cultivada até 1990, já nos anos 1995 e 2006 constatou-se uma competição por terras entre a pastagem e a agricultura.

Figura 7- Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia no ano de 2006.



Os resultados obtidos para o ano de 2017 (Figura 14) mostram que o avanço da ocupação de terras para o setor agropecuário desacelerou nos últimos 11 anos analisados, visto que houve um aumento de 410 mil ha da área utilizada pela agropecuária e uma pequena diminuição da vegetação em relação aos anos anteriormente analisados. Entretanto, no que refere-se a atividade pecuária bovina, no Estado do Tocantins, o número de cabeças que haviam em 1990 dobrou ao observado no ano de 2015. Indicando que o setor continuou se desenvolvendo apesar da área de avanço observada de 2006 até 2017 não ter sido muito diferente. O mesmo resultado pôde ser observado sobre o avanço do desmatamento na Amazônia Legal, que entre os anos de 2006 e 2015 indicou uma desaceleração (INPE, 2015). Outro setor que se desenvolveu entre o período de 2007 a 2014 no Tocantins, Goiás, Mato Grosso e Pará, foi o da silvicultura, aumentando consideravelmente a sua área de ocupação, mesmo com o baixo índice de desmatamento para o período (IBÁ, 2015).

Figura 8-Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Araguaia no ano de 2017.



Em todos os mapas (Figuras 11, 12, 13, e 14), nota-se que a região central da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia não foi ocupada, local onde encontra-se o Parque Nacional do Araguaia (PARNA Araguaia), unidade de conservação criada através do decreto 47.570, de 31 de dezembro de 1959 (Brasil, 1959). O PARNA Araguaia compreendia uma área de 20.000km² e possui a maior ilha fluvial do mundo denominada de Ilha do Bananal. A região constitui um ecótono entre o Cerrado e o domínio Amazônico, abrigando um grande número de espécies (AQUINO; LATRUBESSE, SOUZA FILHO, 2008; CARDOSO; MARCUZZO, 2011). Em 1973 a Ilha do Bananal foi reduzida a um terço da área para dar espaço a uma reserva indígena (RYLANDS; BRANDON, 2005).

Uso e ocupação do solo em área de preservação permanente (APP) também foi observado na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, em que obtiveram um valor de 3.616,48 ha de APPs impactados por atividades agropecuárias no ano de 1985 concentrados principalmente no município da Lagoa da Confusão e Formoso do Araguaia, já em 1998 foi observada uma redução de 7,61% em relação aos dados anteriores e em 2011 continuou havendo uma queda, porém o município da Lagoa da Confusão continuou mostrando avanço de atividades antrópicas dentro das APPs (ALVES *et al.*, 2015).

No ano de 2012, constatou-se o uso e ocupação de uma APP no entorno do Rio das Mortes, localizado no município de Nova Xavantina-MT, onde foram detectados 45 pontos de desmatamento utilizados para pastagem, totalizando 15,6% da área de proteção, culminando na perda da mata ciliar, degradação dos rios e conseqüente impacto sobre a biodiversidade (CASTRO *et al.*, 2013). Segundo Bittencourt (2009), é possível observar que a reposição dos mananciais subterrâneos está menor que o esperado, pois o uso da água está superando o nível de reposição no ambiente, resultante dos desmatamentos constantes e da degradação do solo conseqüente da agropecuária.

Existe, portanto, a necessidade de uma fiscalização mais rigorosa, quanto aos impactos causados por empreendimentos que degradam o ambiente natural, entretanto, não só em APPs, visto que a Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia detém uma vasta quantidade de espécies, muita delas endêmicas, que correm risco de extinção devido às atividades antrópicas. Penã *et al.* (2018), destaca que políticas de controle e punição para a sustentabilidade econômica ambiental pode não ser tão eficiente, podendo ser aplicada técnicas de *benchmarking*, que consiste em buscar o melhor padrão de desenvolvimento para produtos, serviços e processos, a fim construir metodologias que possibilitem a excelência em determinada atividade (BHUTTA; HUQ, 1999).

Observou-se um aumento ao longo dos anos analisados na área ocupada por corpos d'água, em 1985 haviam 332.654ha, enquanto que em 2017 essa área aumentou para 338.047ha. Esse aumento na área pode ter ocorrido devido ao enchimento dos canais de irrigação, que o programa utilizado para análise do uso e ocupação considerou como corpo d'água.

De acordo com os resultados, foi possível observar um crescente avanço no setor agropecuário na Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia, que foi possibilitado pelo desenvolvimento de pesquisas voltadas para o desenvolvimento agrícola específico para essa região através da Embrapa e universidades. Além disso, o rápido avanço agrícola na região se deu pelas características físicas como os bons níveis de pluviosidade, solos de qualidade e estrutura mais avançada e desenvolvida (MARANHÃO; VIEIRA FILHO, 2017). Outros pontos marcantes desse processo são evidenciados por Crestana e Sousa (2008), que ressaltam a criação de empresas públicas de direito privado e do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária em equilíbrio com a extensão rural, foco em ecorregiões e produtos, adoção de Modelo Concentrado e por fim a priorização das pesquisas e desenvolvimento de tecnologias para a região tropical.

Aquino, Latrubesse e Souza Filho (2008) relatam que mais de 60% do domínio Cerrado já foi fragmentado e destruído pelo desmatamento visando a expansão da fronteira agrícola e que nunca havia sido registrado uma degradação tão grande e tão veloz em um bioma em todo o mundo. Por ter maior parte da sua área pertencente ao domínio Cerrado, a região da bacia do rio Araguaia é altamente favorável à produção agrícola e pecuária, devido à alta incidência de luz solar, solo, topografia e disponibilidade hídrica (ANTAQ, 2013). A região tem sido foco de amplas discussões políticas, sociais e ambientais devido ao avanço da área utilizada pela agropecuária, visando planejar ações voltadas para a preservação (AQUINO; LATRUBESSE; SOUZA FILHO, 2008), além de uma fiscalização mais rigorosa para melhor utilização dos recursos. A prática agropecuária vem causando impactos irreparáveis e a intensidade da degradação afetará inclusive a produção do setor agropecuário, acarretando em um problema sócio-econômico para o país.

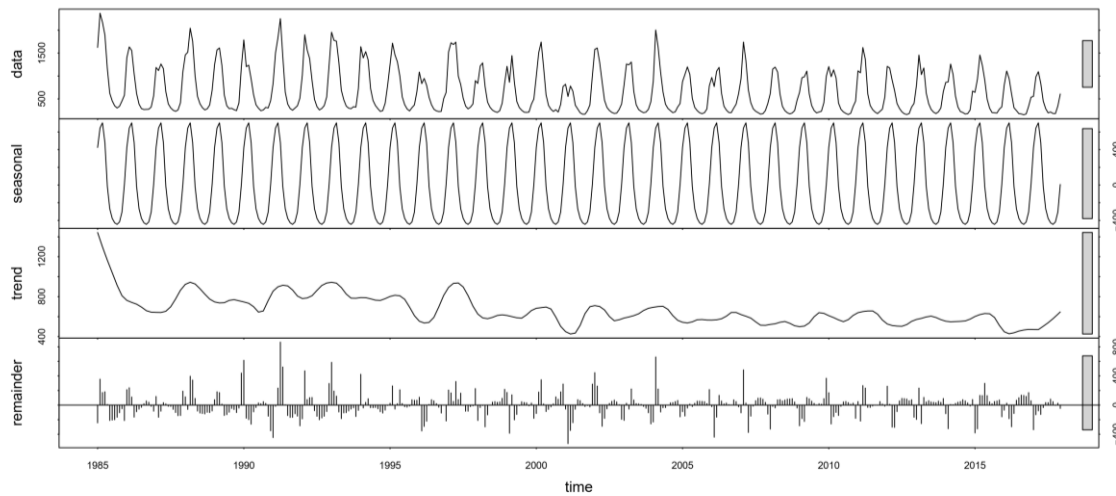
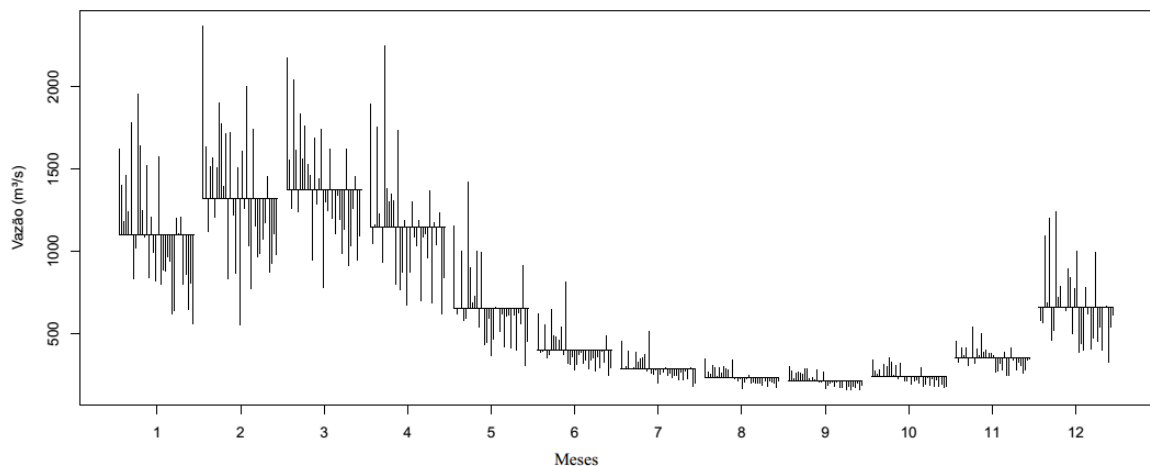
Níveis de vazão e precipitação

De acordo com os dados obtidos e as análises exploratórias realizadas, os resultados indicados na decomposição da série temporal fluviométrica (Figura 15) demonstrou que 78,1% da variação é ocasionada pela sazonalidade anual e 12,4% de variação é aleatória, ou

seja, não é explicada. A tendência é negativa, correspondendo a 9,5% da variação e é estatisticamente significativa ($F = 19,528$; $GL = 1$; $P < 0,001$). A partir dessas análises observou-se uma diminuição em média de $4,08 \pm 0,92 \text{ m}^3/\text{s}$ por mês.

Na figura 16 podemos observar que as médias da vazão de todas as estações no recorte temporal estabelecido variaram, aproximadamente, entre 1400 e 200 m^3/s . Aquino, Stevaux e Latrubesse (2005) evidenciaram grande variabilidade também entre os picos de vazão no Rio Araguaia, estando o regime hidrológico relacionado com o clima quente e semi-úmido. No rio Araguaia, assim como observado no presente estudo, notou-se picos de vazão durante as estações chuvosas havendo uma queda nos períodos de estiagem (LATRUBESSE; STEVAUX, 2006; AQUINO; LATRUBESSE; SOUZA FILHO, 2008). Considera-se também que as variações na vazão do alto Rio Araguaia estão relacionadas com o relevo e ao tipo de rochas sedimentares no qual o rio e seus afluentes encontram-se, possuindo uma planície aluvial pouco desenvolvida que acaba influenciando nas características do sistema fluvial (AQUINO; LATRUBESSE; SOUZA FILHO, 2008).

Penereiro, Martins, Beretta (2015) observaram tendências positivas significativas no alto Araguaia quanto a vazão, na década de 70, em que houve pouca incidência na temperatura média. Quando observou-se um aumento significativo na temperatura média, a vazão apresentou uma tendência negativa, evidenciando que o aumento na temperatura compromete os níveis de vazão. A prática agropecuária é responsável pela emissão de grande parte dos gases de efeito estufa que contribuem para o aumento da temperatura, através do desmatamento de florestas tropicais, expansão da produção de arroz e de rebanhos e aumento no uso de fertilizantes nitrogenados (BITTENCOURT, 2009). Portanto, ações conservacionistas precisam ser praticadas, uma vez que a agropecuária, pode acarretar em alterações no sistema hídrico, que por sua vez, influencia no ciclo de vida das espécies que vivem nesse ecossistema.

Figura 9- Decomposição da série temporal fluviométrica.**Figura 10-** As barras horizontais representam as médias mensais sazonais de vazão, enquanto as barras verticais indicam o desvio anual da média mensal sazonal.

Além da temperatura média, outra variável que pode afetar os níveis de vazão é a precipitação. A decomposição da série temporal pluviométrica demonstrou que 84,4% da variação advém da sazonalidade anual, 1,3% da tendência e 14,3% de variação não explicada (ou aleatória). A tendência é negativa, como pode ser observada nas figuras 17 e 18 e é estatisticamente significativa ($F = 7,502$; $GL = 1$; $P = 0,006$), diminuindo em média $0,34 \pm 0,13$ mm por mês. Na Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia não foi observado alterações significativas nos índices de precipitação (PENNEREIRO; MARTINS; BERETTA, 2015), entretanto a tendência também foi baixa.

Corroborando com os dados apresentados, foi observado no Rio Formoso, localizado na Bacia Hidrográfica do Araguaia, que os maiores índices de precipitação estão acima de 220

mm, aproximadamente, concentrando-se nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. Sendo o período de estiagem entre os meses de maio e setembro (ALVES *et al.*, 2016).

Figura 11- Decomposição da série temporal pluviométrica.

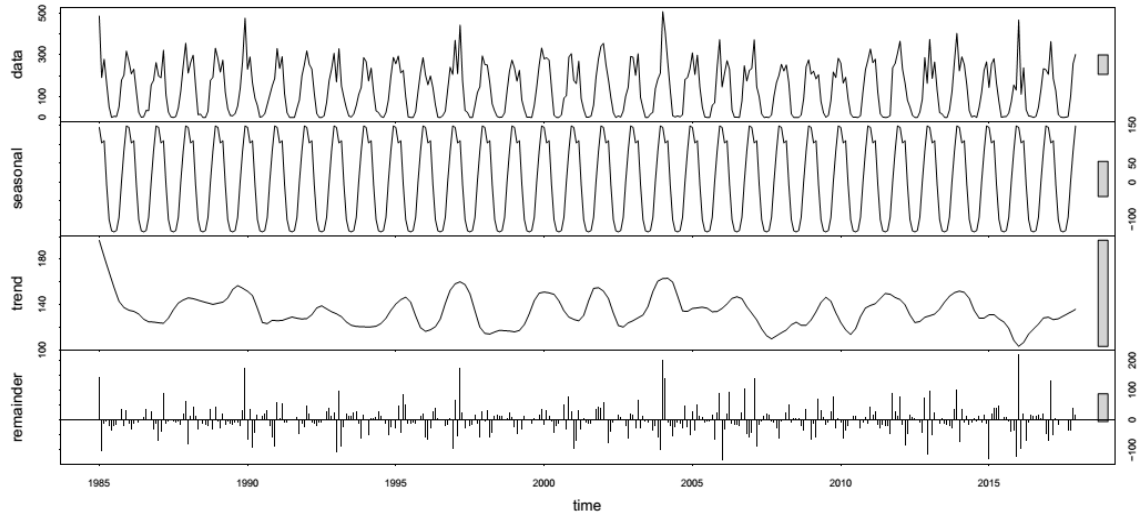
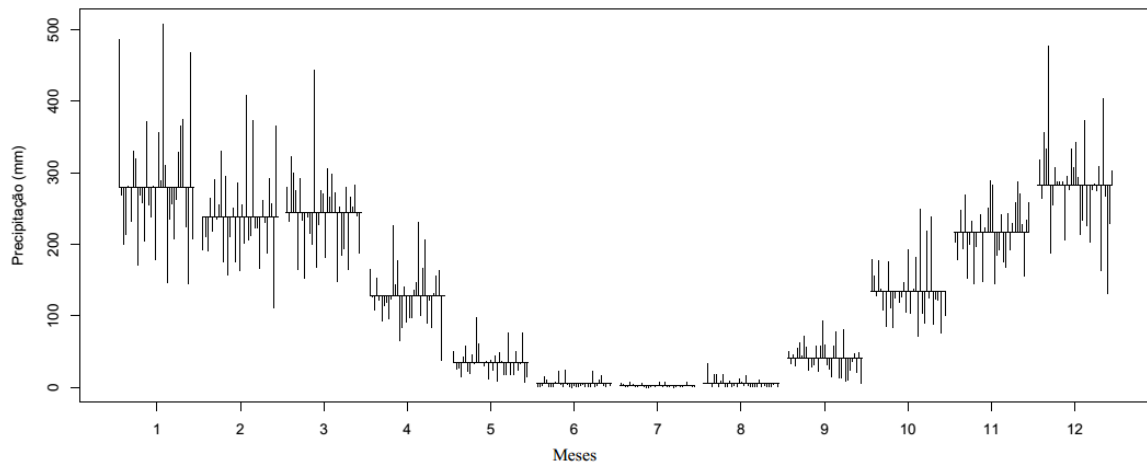
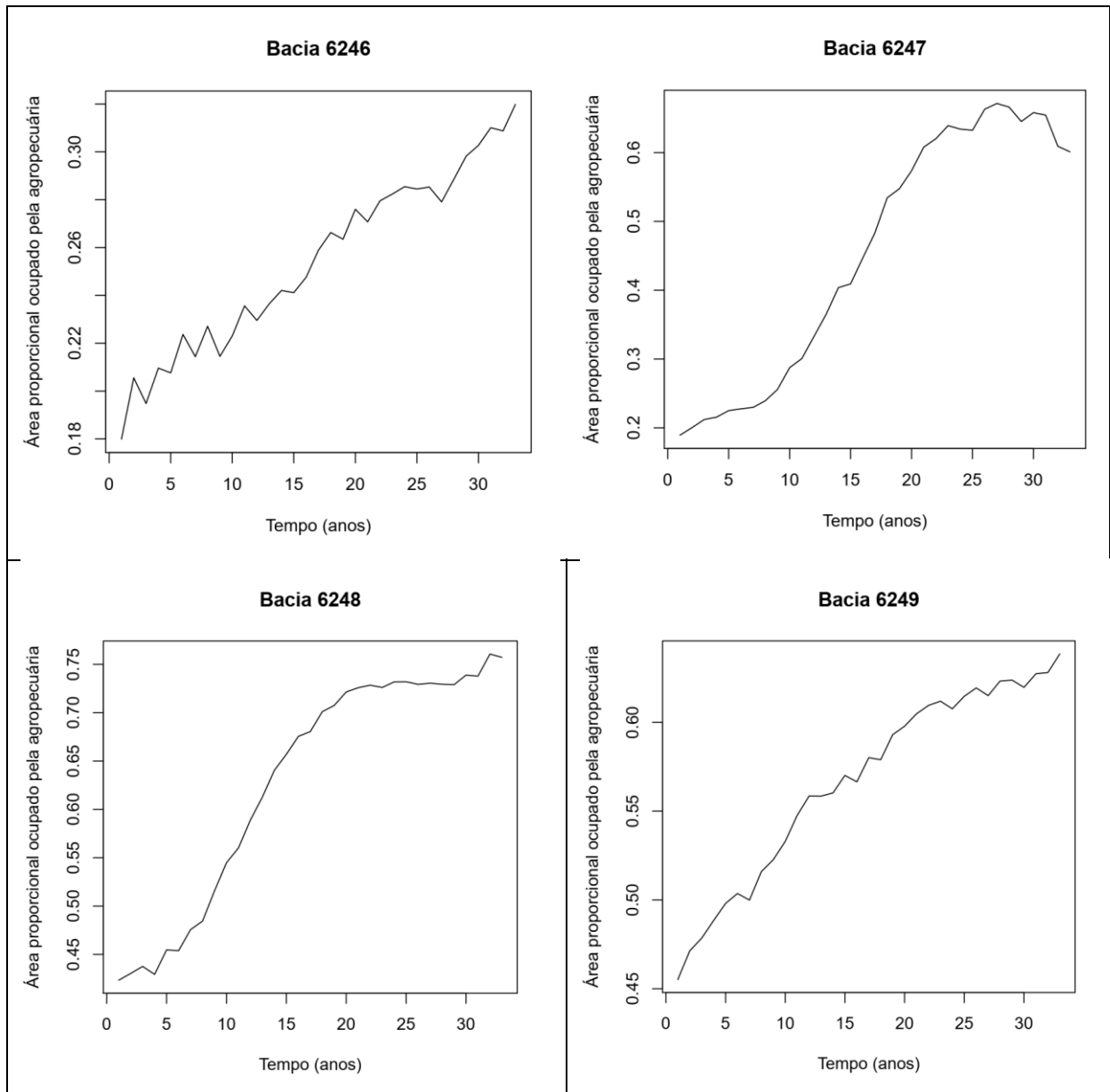


Figura 12- As barras horizontais representam as médias mensais sazonais de precipitação, enquanto as barras verticais indicam o desvio anual da média mensal sazonal.



Na figura 19 podemos observar o avanço agropecuário nas quatro *ottobacias* analisadas dentro da alta Bacia do Araguaia. A *ottobacia* que mais foi ocupada ao longo dos 32 anos com o avanço agropecuário foi a 6248, localizada no Estado do Mato Grosso, enquanto a 6246 foi a *ottobacia* do alto Araguaia em que o avanço foi menos acelerado. O Estado do Mato Grosso é considerado o maior produtor de grãos e demais commodities agrícolas, sendo responsável por parte do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (CUNHA *et al.*, 2008; MOREIRA *et al.*, 2012; NASCIMENTO; FIGUEIREDO, MIRANDA, 2018).

Figura 13 - Série temporal da proporção da área ocupada pela agropecuária nas quatro *ottobacias* analisadas da Bacia do Alto Araguaia.



Foi constatada uma relação negativa significativa entre a área percentual ocupada pelo setor agropecuário e a vazão média das *ottobacias* ($\chi^2 = 11,743$; GL = 1; $P = 0,0006$), mesmo controlando pela variação anual e geográfica. Portanto, 1% de área ocupada pelo setor agropecuário na bacia diminui em média $234,68 \pm 68,18$ m³/s de vazão dos rios (Figuras 20, 21, 22 e 23).

Além disso, as análises das funções de autocorrelação entre as séries fluviométricas e de ocupação pela agropecuária dentro das bacias demonstraram que os efeitos de ocupação pela agropecuária sobre a vazão dos rios podem ser sentidos em até quatro anos depois (Figura 22).

Figura 14 - Funções de autocorrelação entre as séries temporais na Bacia 6246. Série 1 representa a série temporal da vazão dos rios, enquanto a série 2 representa a proporção de área ocupada pela agropecuária dentro de cada ottobacia analisada da bacia do Alto Araguaia.

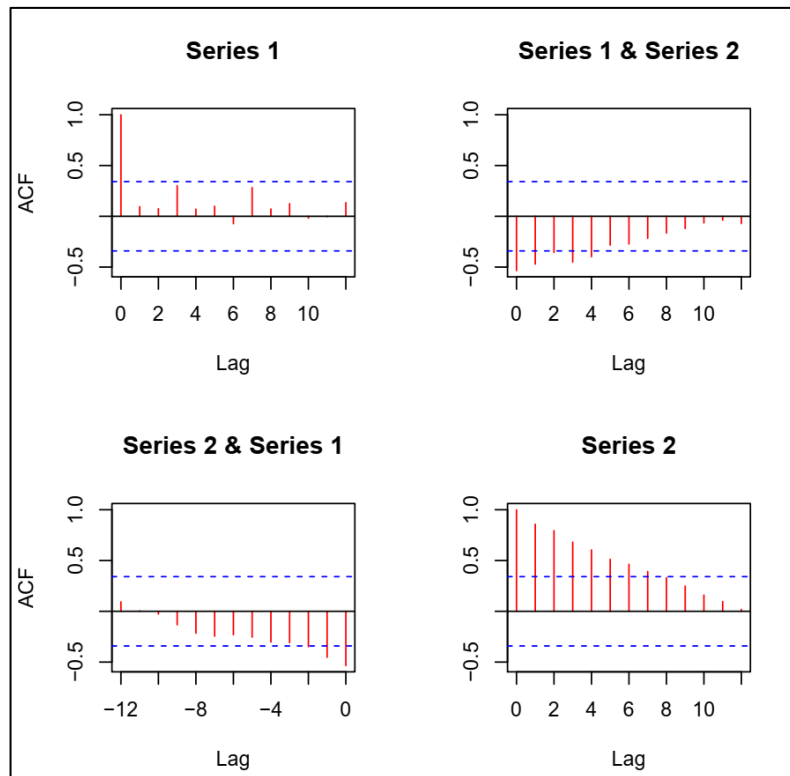


Figura 15 - Funções de autocorrelação entre as séries temporais na Bacia 6247. Série 1 representa a série temporal da vazão dos rios, enquanto a série 2 representa a proporção de área ocupada pela agropecuária dentro de cada ottobacia analisada da bacia do Alto Araguaia.

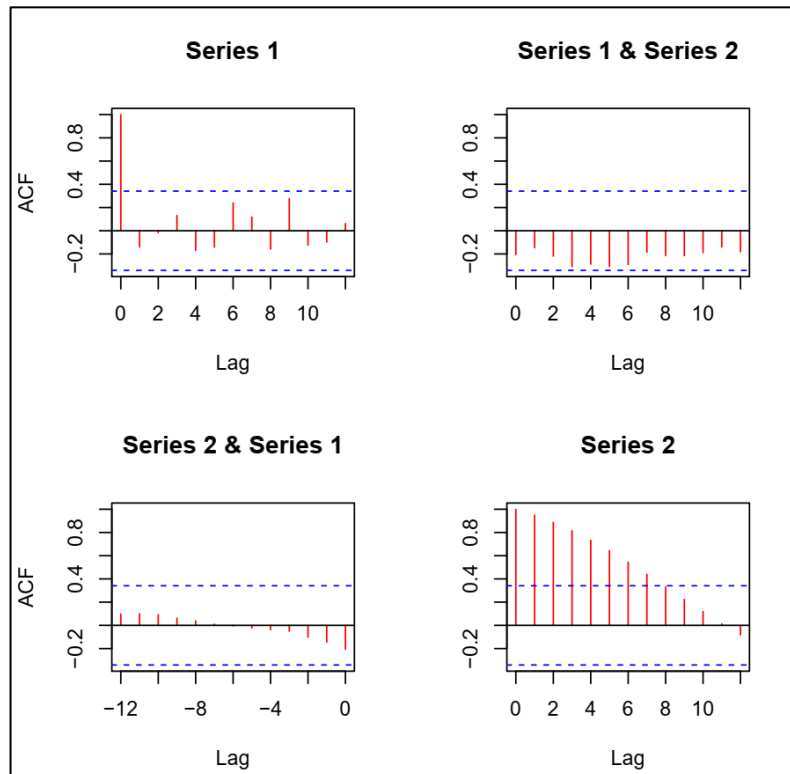


Figura 16 - Funções de autocorrelação entre as séries temporais na Bacia 6248. Série 1 representa a série temporal da vazão dos rios, enquanto a série 2 representa a proporção de área ocupada pela agropecuária dentro de cada ottobacia analisada da bacia do Alto Araguaia.

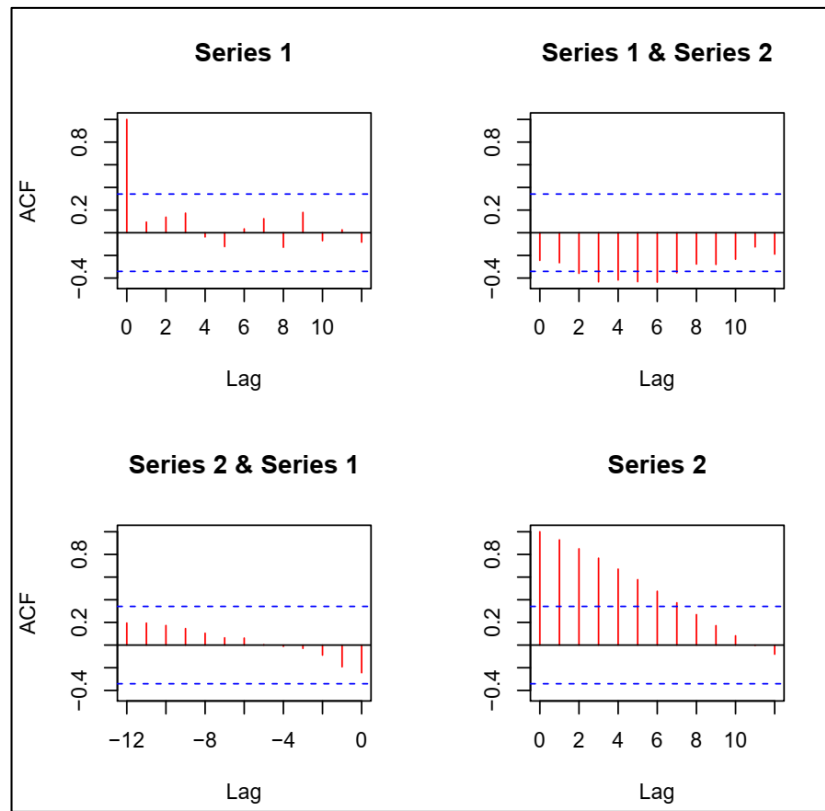
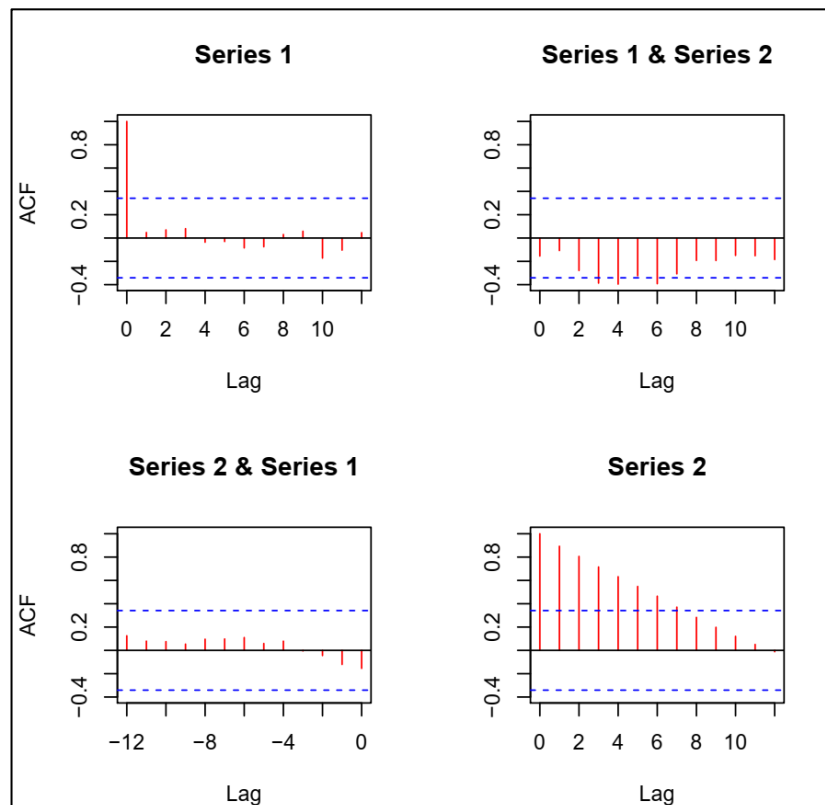


Figura 17 - Funções de autocorrelação entre as séries temporais na Bacia 6249. Série 1 representa a série temporal da vazão dos rios, enquanto a série 2 representa a proporção de área ocupada pela agropecuária dentro de cada ottobacia analisada da bacia do Alto Araguaia.



CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos quanto ao uso e ocupação do solo na Bacia do rio Araguaia, a área ocupada pela agropecuária aumentou significativamente no intervalo de 1985-2017 de acordo com a demanda de produção. Os avanços tecnológicos e políticas voltadas para o desenvolvimento do setor foram fundamentais para o crescimento do setor.

O aumento de desmatamento foi responsável pela diminuição da área de ocupação vegetal, ocasionando a fragmentação da paisagem, que conseqüentemente leva a perda de habitats para as populações que vivem na região. Além da fragmentação, a relação significativa entre vazão e agropecuária nos leva a inferir que as populações aquáticas também estão vulneráveis as alterações ambientais, podendo ter seus ciclos de vida alterados pelas modificações climáticas e ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, K. C. C. L. F. et al. Avaliação temporal dos conflitos de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Formoso, Tocantins. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 271-83, 2015.

ALVES, K. C. C. L. F. et al. Distribuição da precipitação mensal, anual e máxima diária anual na bacia hidrográfica do rio Formoso, Tocantins. **Ambiência Guarapuava**, v. 12, n. 1, p. 49-70, 2016.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia** : relatório síntese. Brasília, DF: ANA, 2009.

ANA. Agência Nacional de Águas. **HIDROWEB** v. 2.0.0.1 - 2018. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acessado em: 10 set. 2018.

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Bacia do Tocantins-Araguaia: Plano Nacional de Integração Hidroviária**, 2013.

AQUINO, S.; STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfohidráulico do rio Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 2, 2005.

AQUINO, S.; LATRUBESSE, E. M.; SOUZA FILHO, E. E. Relações entre o regime hidrológico e os ecossistemas aquáticos da planície aluvial do rio Araguaia. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 30, n. 4, p. 361-9, 2008.

BHUTTA, K. S.; HUQ, F. Benchmarking - best practices: an integrated approach. **Benchmarking: An International Journal**, v. 6, n. 3, p. 254-68, 1999.

BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: principais tendências e desafios (Parte 1). **Economia & Tecnologia**, ano 5, v. 18, p. 133-46, 2009.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Européia**. São Paulo: FFLCH, 2017. 296p.

BUAINAIN, A. M. Alguns condicionantes do novo padrão de acumulação da agricultura brasileira. In: BUAINAIN, A. M. et al. **O mundo rural no Brasil do século 21: A formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 1182p.

CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do rio Araguaia na savana brasileira. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 675-90, 2010.

CAMPOS, A. C.; PAULA, N. A evolução da agropecuária brasileira nos anos 90. **Ind Econ. FEE**. V. 29, n. 4, p.177-99, 2002.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo da morfologia areal da bacia do Rio Araguaia utilizando MDE ASTER. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**, v. 1, n. 2, p. 69-76, 2011.

CARVALHO, T. M. Avaliação do transporte de carga sedimentar no médio rio Araguaia. **Geosul**, v. 24, n. 47, p. 147-60, 2009.

CASTRO, H. B. et al. Quantificação e qualificação das alterações em Áreas de Preservação Permanente de um trecho do Rio das Mortes, Mato Grosso, Brasil. **Biotemas**, v. 26, n. 3, p. 83-90, 2013.

CHOUERI, R. B.; AZEVEDO, J. A. R. Biodiversidade e impacto de grandes empreendimentos hidrelétricos na Bacia Tocantins-Araguaia: uma análise sistêmica. **Soc. & Nat.**, v. 29, n. 3, p. 443-57, 2017.

CRESTANA, S.; SOUSA, I. S. F. Agricultura tropical no Brasil. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

CUNHA, N. R. S. et al. A Intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na Região dos Cerrados, Brasil. **RER**, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.

HONAKER, J.; KING, G.; BLACKWELL, M.. Amelia II: A Program for Missing Data. Journal of Statistical Software, 45(7), 1-47, 2011. <http://www.jstatsoft.org/v45/i07/>.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório IBÁ 2015**. São Paulo: IBÁ, 2015. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf Acesso em 12 jan. 2019.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Divulgação do PRODES 2015**: taxa estimada do desmatamento da Amazônia Legal para período ago/2014 – jul/2015. Brasília, DF: INPE/MCTI, 2015. a período ago/2014 – jul/2015. Brasília: INPE/MCTI, 2015. Disponível em http://www.obt.inpe.br/prodes/Prodes_Taxa2015_estimativa.pdf Acesso em 17 jan. 2019.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, D. L. **Caracterização ambiental das áreas com agricultura irrigada por pivôs centrais na região do Matopiba – Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do rio Araguaia, Brasil Central. **Geociências**, v. 5, n. 1, p. 65-73, 2006.

MARANHÃO, R. L. A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Inserção internacional do agronegócio brasileiro, Texto para Discussão, nº 2318**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2017.

MOREIRA, J. C. et al. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1557-68, 2012.

NASCIMENTO, A. P. P.; FIGUEIREDO, A. M. R.; MIRANDA, P. R. Dimensão do PIB do agronegócio na economia de Mato Grosso. **Ensaios FEE**, v. 38, n. 4, p. 903-30, 2018.

PEÑA, C. R. et al. Autocorrelação e heterogeneidade espacial da ecoeficiência agropecuária nos municípios do bioma Amazônia. **Anais...** In: 56º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Campinas, 2018.

PENEREIRO, J.C.; MARTINS, L.L.S.; BERETTA, V.Z. Identificação de tendências sazonais dos regimes climático e hidrológico na Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia, Brasil. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.9, n.1, 2015.

Projeto MapBiomias. **Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em : <http://mapbiomas.org> Acessado em 26 jan. 2019.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Brazilian Protected Areas. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 612-8, 2005.

SEGUNDO, J. P. B. S. **Aspectos da ecologia de nidificação e da morfologia dos ambientes de desova utilizados por *Podocnemis expansa* (SCHWEIGGER, 1812) (Testudines, Podocnemididae) no rio Javaés**. 2012. 127f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecótonos) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional. 2012.

SILVA, L. L. O papel do estado no processo de ocupação das áreas de cerrado entre as décadas de 60 e 80. **Caminhos de Geografia**, v.1, n. 2, p. 24-36, 2000.

SILVA, E. B. **A dinâmica socioespacial e as mudanças na cobertura e uso da terra no bioma Cerrado**. 2013. 148f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SOUZA, L. B. Implicações climáticas de um modelo neodesenvolvimentista: impactos, riscos e injustiças no Estado do Tocantins, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 12, v. 19, 2016.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. Agricultura e indústria no Brasil : inovação e competitividade. Brasília: Ipea, 2017. 305 p.

WOOD, S.; SCHEIPL, F. gamm4: Generalized Additive Mixed Models using 'mgcv' and 'lme4'. R package version 0.2-5, 2017. <https://CRAN.R-project.org/package=gamm4>

CAPÍTULO II – Parâmetros ecofisiológicos de *Podocnemis expansa* (SCHWEIGGER, 1812) de ambiente natural e criatório comercial.

RESUMO

P. expansa é uma espécie migratória e pode ser encontrada em uma grande área das Regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, local onde se observa intensos impactos causados pelo avanço agropecuário. Visando contribuir com informações para futuros projetos conservacionistas, objetivou-se avaliar o aspecto ecofisiológico de *P. expansa* quanto ao seu desempenho locomotor, comparando espécies de criatório comercial e ambiente natural. Para isso os indivíduos foram submetidos a testes em três temperaturas distintas, em que calculou-se a velocidade média, sendo possível construir a curva de desempenho dessa espécie. Os animais de ambiente natural apresentaram melhor desempenho a uma temperatura aproximada aos 28°C, enquanto os indivíduos do criatório comercial obtiveram melhor desempenho em uma temperatura aproximada aos 30°C. Entretanto, foi observada diferença significativa ($P < 0,001$) na curva de desempenho locomotor entre indivíduos provenientes dos dois ambientes. Apesar dos animais de cativeiro suportarem maiores temperaturas a curva de desempenho mostrou-se inferior relacionada a curva dos animais de ambiente natural. Com os resultados obtidos concluiu-se que a espécie se adapta ao ambiente que habita visto que o ambiente de cativeiro apresentou temperaturas maiores do que a água do ambiente natural, corroborando com a hipótese de que seja uma espécie termoconformadora.

Palavras-chave: Temperatura. Desempenho locomotor. Cativeiro.

CHAPTER II - Echophysiological parameters of *Podocnemis expansa* (SCHWEIGGER, 1812) of natural environment and commercial breeding.

ABSTRACT

P. expansa is a migratory species and can be found in a large area of the North and Central-West regions of Brazil, where intense impacts caused by the agricultural and cattle raising are observed. Aiming to contribute information for future conservation projects, the objective was to evaluate the ecophysiological aspect of *P. expansa* in relation to its locomotor performance, comparing species of commercial and natural environment. For this, the individuals were submitted to tests in three different temperatures, in which the average speed was calculated, being possible to construct the performance curve of this species. The natural animals presented better performance at a temperature of approximately 28 °C, while the commercial farms obtained better performance at a temperature of approximately 30 °C. However, a significant difference ($P < 0.001$) in the locomotor performance curve was observed between individuals from both environments. Although the captive animals were able to withstand higher temperatures, the performance curve was lower than the curve of the wild-type animals. With the results obtained it was concluded that the species adapts to the environment that inhabits since the environment of captivity presented higher temperatures than the water of the natural environment, corroborating with the hypothesis that it is a thermoforming species.

Keywords: Temperature. Locomotor performance. Captivity.

INTRODUÇÃO

A espécie *Podocnemis expansa*, conhecida popularmente como Tartaruga-da-Amazônia, é uma espécie de água doce, encontrada em abundância na Região Norte do país e nos estados de Goiás e Mato Grosso, com extensão de ocorrência de 4.073.134,57 km² (VOGT *et al.*, 2015). *P. expansa* possui grande relevância para os ribeirinhos, é utilizada na alimentação, como zooterápicos, como animais de estimação, além da sua importância na renda dessas famílias (ATAÍDES; MALVASIO; PARENTE, 2010; SALERA JÚNIOR; BALESTRA; LUZ, 2016).

Devido à importância socioeconômica de *P. expansa* ações de proteção se tornam necessárias para que a espécie não se torne ameaçada de extinção. Com isso, o IBAMA, por meio da Portaria nº 142/92, regulamentou a criação dessa espécie em cativeiro comercial. Os criatórios auxiliam nos problemas socioeconômicos, no uso racional deste recurso e na conservação da espécie (PORTAL *et al.*, 2002). O único criatório comercial oficial de *P. expansa* no Estado do Tocantins localiza-se na Fazenda Praia Alta, Lagoa da Confusão – TO, nas margens do Rio Formoso.

Informações sobre a ecofisiologia de quelônios podem acrescentar informações relevantes que colabore na elaboração de planos de conservação de espécies ameaçadas, porém estudos com quelônios de água doce são escassos. Por se tratar de animais ectotérmicos, a temperatura é a maior influência do comportamento térmico dos quelônios. Com isso, modificações no microclima, no entorno do rio, com ênfase no desflorestamento para a prática agrícola, podem causar alterações nas atividades vitais e comportamentais desses animais. Pode ocorrer ainda uma provável alteração na dinâmica populacional desses animais em consequências de tais alterações (EMIDIO JÚNIOR; BARRADAS, 2017). Porém, os autores ressaltam que a hipótese de que alterações ambientais no entorno do rio podem alterar a temperatura a ponto de afetar espécies de quelônios precisa ser mais bem investigada. Entretanto, já foi observado que o aumento da temperatura média no entorno podem afetar a vazão do rio (PENNEREIRO, MARTINS, BERETTA, 2015) e, consequentemente, alterar o ciclo de vida das espécies aquáticas.

É sabido que o clima sofre severas alterações desde o século passado e que a Terra está se aquecendo cada vez mais com os passar dos anos, consequentemente tais alterações climáticas estão afetando processos ecológicos e biológicos, como a estrutura e o funcionamento de comunidades. Este fato já foi observado para plantas e animais e o principal motivo apontado foi o aquecimento climático seguido de impactos causados a partir de

práticas agrícolas (PEÑUELAS; FILELLA; COMAS, 2002). Visto isso, o objetivo desta pesquisa foi analisar os parâmetros ecofisiológicos de indivíduos de *P. expansa* em diferentes condições térmicas e com isso obter a curva do seu desempenho locomotor, comparando exemplares de ambiente natural e cativeiro.

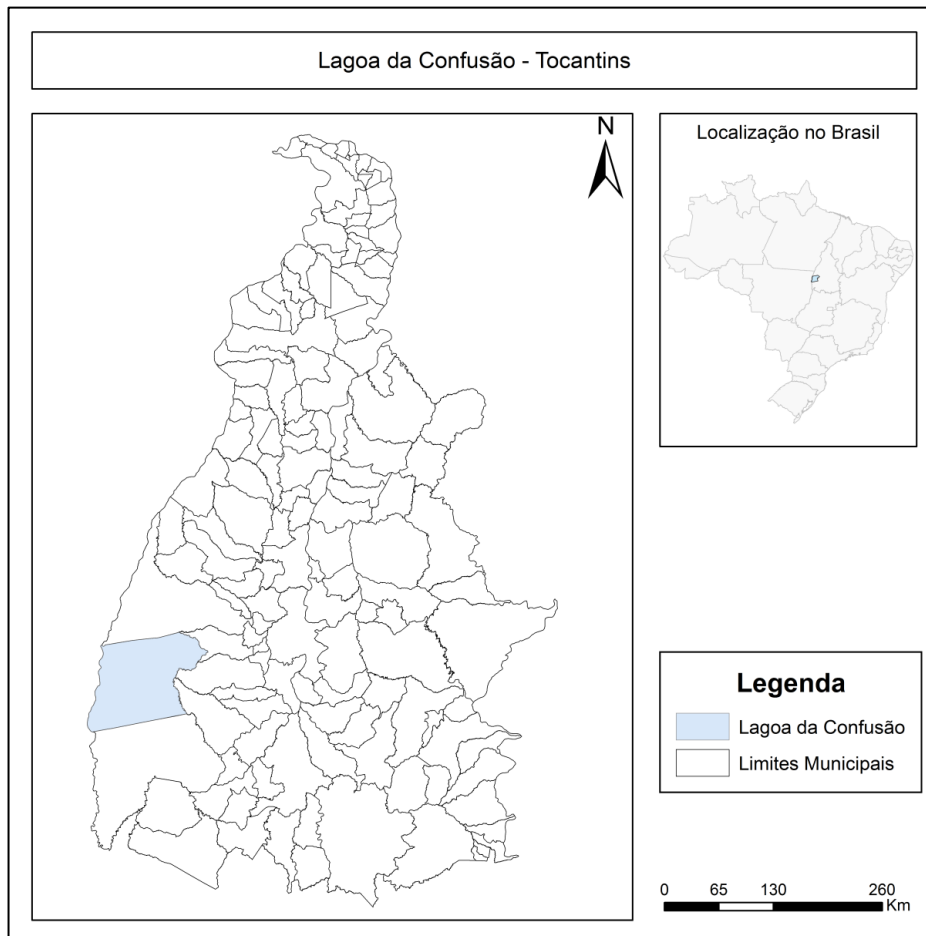
MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo foi solicitada uma autorização ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que liberou as coletas e atividades científicas através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), mediante emissão da licença número 48309-3, e os experimentos foram autorizados pelo Comitê de Ética de Uso Animal (CEUA) por meio da licença de número 23.101.006422/2017- 11.

Área de Estudo

O estudo foi conduzido no município da Lagoa da Confusão – TO (Figura 3), que fica localizado à margem direita do Rio Araguaia e faz divisa com as cidades Pium, Cristalândia, Santa Rita do Tocantins, Dueré e Formoso do Araguaia – TO (TOCANTINS, 2012). Possui uma área de 10.564,683 km² e população estimada em 13.034 (IBGE, 2018). O clima é caracterizado por ser úmido com moderada deficiência hídrica em maior parte do seu território, a temperatura média anual é de 25°C e precipitação média anual é de 1900 mm (TOCANTINS, 2012).

Figura 18- Localização do município da Lagoa da Confusão no Estado do Tocantins.



O município da Lagoa da Confusão encontra-se na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, sendo que dentro do município encontram-se partes de 5 bacias hidrográficas, Bacia do Rio Araguaia, Bacia do Rio Riozinho, Bacia do Rio Javaés, Bacia do Rio Formoso e Bacia do Rio Pium. Sua cobertura vegetal é basicamente Cerrado, com pedaços caracterizados pela presença de Floresta Estacional. Parte do município está dentro do Parque Nacional do Araguaia, área de proteção integral (TOCANTINS, 2012).

Criatório comercial

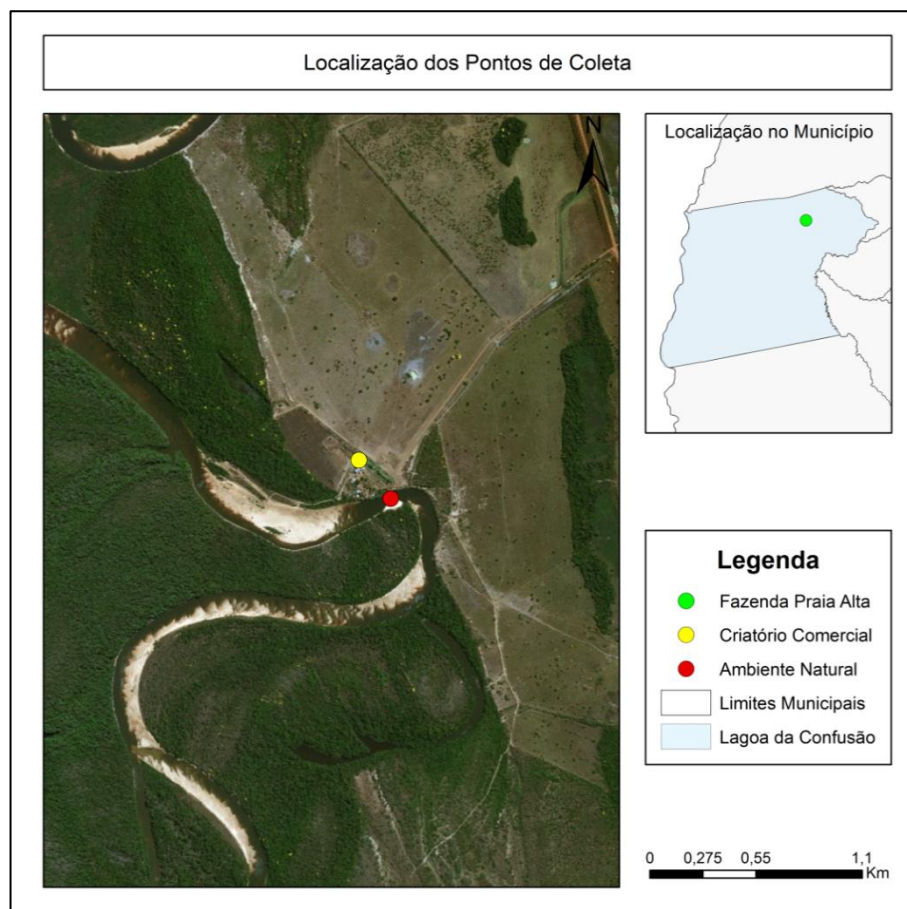
Parte do estudo foi conduzido no criatório comercial oficial de *P. expansa* do Tocantins, localizada na Fazenda Praia Alta, nas margens do Rio Formoso, entre as coordenadas geográficas S10°43'24,1" e W49°50'40,9", a 35 km do centro do município (Figura 03). O criatório pertence ao Sr. Elói Bernardon Amélio, teve início em 1996 e chegou

a receber do IBAMA 38.516 animais até 2002. Em 2011 foi registrada a presença de aproximadamente 30.051 tartarugas, sendo que apenas 30 indivíduos foram comercializados. O criatório possui cinco tanques com água proveniente do Rio Formoso, os animais são divididos por tamanho e idade, sendo um dos tanques destinado somente para as matrizes e os demais para crescimento e engorda dos animais (ARAUJO, 2011).

Ambiente Natural

O estudo foi conduzido no Rio Formoso, dentro da propriedade Fazenda Praia Alta, onde formam-se praias, que são utilizadas pela *P. expansa* para ovopositar (Figura 4). A bacia do Rio Formoso está localizada à margem direita do Rio Araguaia, região sudoeste do Estado do Tocantins, entre as coordenadas geográficas S10°44'383" e W49°51'03,06", compreendendo cerca de 7,7% da área total do estado, com uma área de drenagem de aproximadamente 21.328 km² (LEITE, 2015).

Figura 19- Localização da Fazenda Praia Alta no município da Lagoa da Confusão e os dois pontos de coleta, o do cativeiro e do ambiente natural no Rio Formoso.



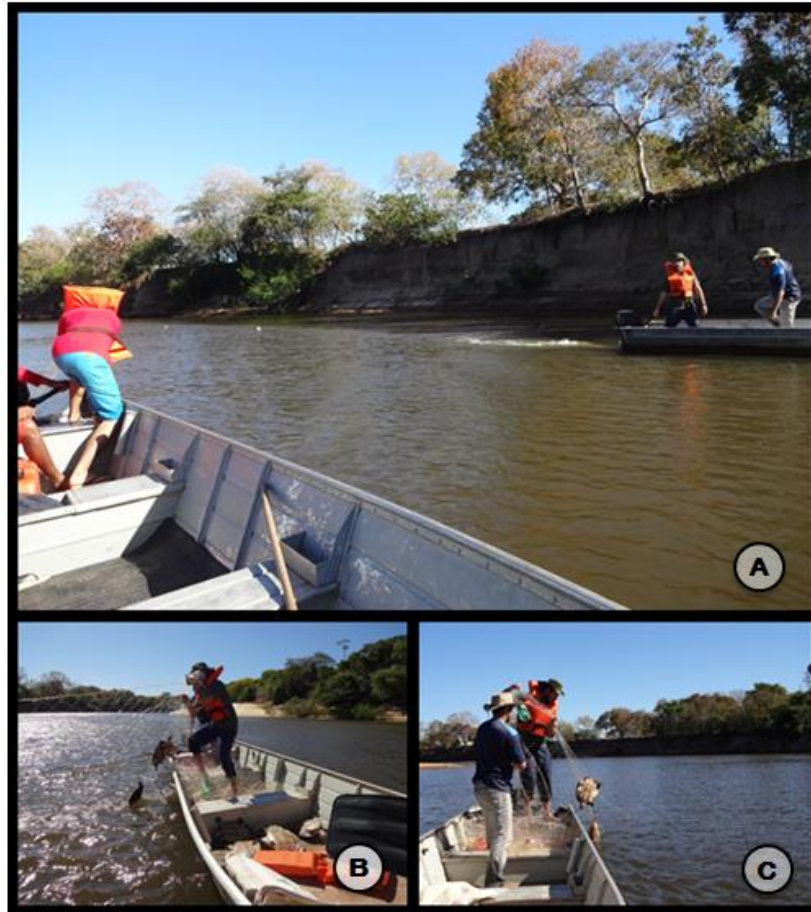
Período, amostra e método de captura para o estudo ecofisiológico

Ambiente natural

As coletas de *P. expansa* foram realizadas durante o período reprodutivo de 2017 e 2018, sendo que em 2017 realizou-se os testes piloto e em 2018 foram coletados os dados utilizados na pesquisa. Os meses escolhidos compreendem o período de vazante do rio, em que a espécie começa a se agregar para iniciar o comportamento de nidificação (ALHO; PÁDUA, 1982). Foram coletados 20 indivíduos machos e 20 fêmeas, em média com $32 \pm 3,4$ cm de comprimento de carapaça. Foi utilizada como método de captura a rede de espera, que é composta por redes de fio de náilon, na porção superior da rede existem bóias que a mantêm suspensa na coluna d'água e na porção inferior peso suficiente para mantê-la no fundo do corpo d'água. O tempo de conferência da rede de espera foi realizado de hora em hora para verificar se houve captura e evitar afogamento dos animais. Este método é bastante utilizado para coleta do gênero *Podocnemis*, sendo o melhor período de coleta para animais amazônicos o período de vazante (BALESTRA, *et al.* 2016).

Foi utilizado também, o método “rede de arrasto”, método também muito utilizado para a coleta de quelônios amazônicos, permitindo captura de indivíduos de diversos tamanhos. Consiste em prender as pontas da rede de náilon ou linha tipo cordonê em dois barcos que percorrem o trajeto na mesma velocidade paralelamente (Figura 5A), um dos barcos irá soltar a rede no rio, depois do arrasto os dois barcos se encontram, fechando o círculo e formando uma bolsa com vários indivíduos, as tartarugas capturadas são retiradas da água e colocadas na embarcação (Figura 5B e C) (BALESTRA, *et al.* 2016; BERNHARD *et al.*, 2016).

Figura 20- A) Barcos paralelos na coleta utilizando método de rede de arrasto. B e C) Bolsa formada pela rede após a união dos barcos com tartarugas da espécie *P. expansa*. Fonte: Juliane Porto.



A diferenciação sexual foi feita segundo Fachín-Terán e Vogt (2004), pelo formato da fenda da placa anal, que nos machos forma uma fenda em “U” e nas fêmeas em “V”, comprimento e espessura da cauda que é maior nos machos, e tamanho do animal, sendo a fêmea maior que o macho. A temperatura da água também foi aferida no momento da coleta, obtendo-se a média da temperatura do habitat dos animais.

Criatório comercial

No criatório comercial, foram coletados 10 indivíduos machos e 11 fêmeas, com $27 \pm 2,7$ cm de comprimento de carapaça. A coleta foi feita utilizando-se um puçá e rede de arrasto, que neste caso foi feita com duas pessoas, cada um segurando de um lado e arrastando a rede para capturar os animais. Após a captura as tartarugas foram levadas ao local dos testes, que consistiu em um espaço fornecido pelo proprietário da fazenda para que os testes fossem realizados. O método para a diferenciação sexual foi o mesmo descrito anteriormente

(FACHIN-TERÁN; VOGT, 2004). A temperatura da água foi mensurada durante a coleta dos animais para se obter a média da temperatura da água nos tanques.

Experimentos ecofisiológicos

Temperatura crítica

Para obter a temperatura crítica mínima (TC_{mín}) e máxima (TC_{máx}) suportada pela *P. expansa*, 20 indivíduos foram coletados no ambiente natural, sendo 10 machos e 10 fêmeas, e foram submetidos a baixas e altas temperaturas, quando não respondiam mais a estímulos externos, foi considerado que a temperatura atingiu o crítico, ou seja, a temperatura suportada pelo animal. Para chegar a TC_{mín} as tartarugas foram colocadas em água gelada, quando não respondiam mais ao estímulos, ou seja, não se mexiam mais, aferiu-se a temperatura e considerou a TC_{mín}. E para obter o TC_{máx} as tartarugas foram deixadas em um ambiente com luz solar sob o método de viração (CANTARELLI, 2006), quando não responderam aos estímulos a temperatura foi aferida e então obteve-se o CT_{máx}. A partir desses dados a média foi calculada para obter a média da TC_{mín} e TC_{máx} para compor a curva de desempenho. Após os testes os animais foram colocados na água até se recuperarem totalmente e posteriormente foram devolvidos ao ambiente natural no mesmo local da coleta.

Testes ecofisiológicos

Para os testes ecofisiológicos foram capturadas 21 tartarugas do criatório comercial e 40 do ambiente natural. A maior quantidade de indivíduos do ambiente natural se deu pelo sucesso da coleta, as coletas no criatório foram dificultadas pelas características físicas dos tanques.

Os testes foram realizados em um cocho cheio com água, de 2 m de comprimento, 60 cm de largura e 20 cm de altura (Figura 06). O motivo da escolha do cocho foi a necessidade de um local estreito o bastante para que as tartarugas pudessem nadar em linha reta e não tão estreito a ponto que atrapalhasse o nado das tartarugas.

As tartarugas foram submetidas a duas baterias de testes simulando o ambiente aquático e em três temperaturas distintas. As três temperaturas estabelecidas foram: fria, em que a água encontrava-se entre 15 e 19,9°C; temperatura ambiente, em que a água manteve-se entre 20 e 29,9°C; e temperatura quente, em que a água foi aquecida entre 30 e 35°C. Ou seja,

cada tartaruga nadou duas vezes em três temperaturas diferentes, totalizando 6 baterias para cada indivíduo. Optou-se por aclimatar o animal na mesma temperatura de cada teste, portanto para que ficassem com a temperatura desejada, as tartarugas ficaram submersas cerca de 5 minutos na água com a mesma temperatura correspondente ao teste.

Para analisar o desempenho locomotor de *P. expansa* o tempo foi cronometrado. A partir dos resultados obtidos calculou-se a velocidade média do deslocamento e como esta variou de acordo com a temperatura.

Figura 21- Cocho cheio com água, onde realizou-se os testes em diferentes temperaturas com as tartarugas.



Análises estatísticas

Para construir as curvas de desempenho locomotor e testar se elas variam entre indivíduos do ambiente natural e do cativeiro, foram usados modelos aditivos generalizados de efeitos mistos (*Generalized additive mixed-effects models* - GAMMs), por meio do pacote *gam4* (WOOD, 2006). As diferenças entre o sexo dos indivíduos também foram testadas nos modelos. Os modelos foram comparados por meio de análises dos desvios.

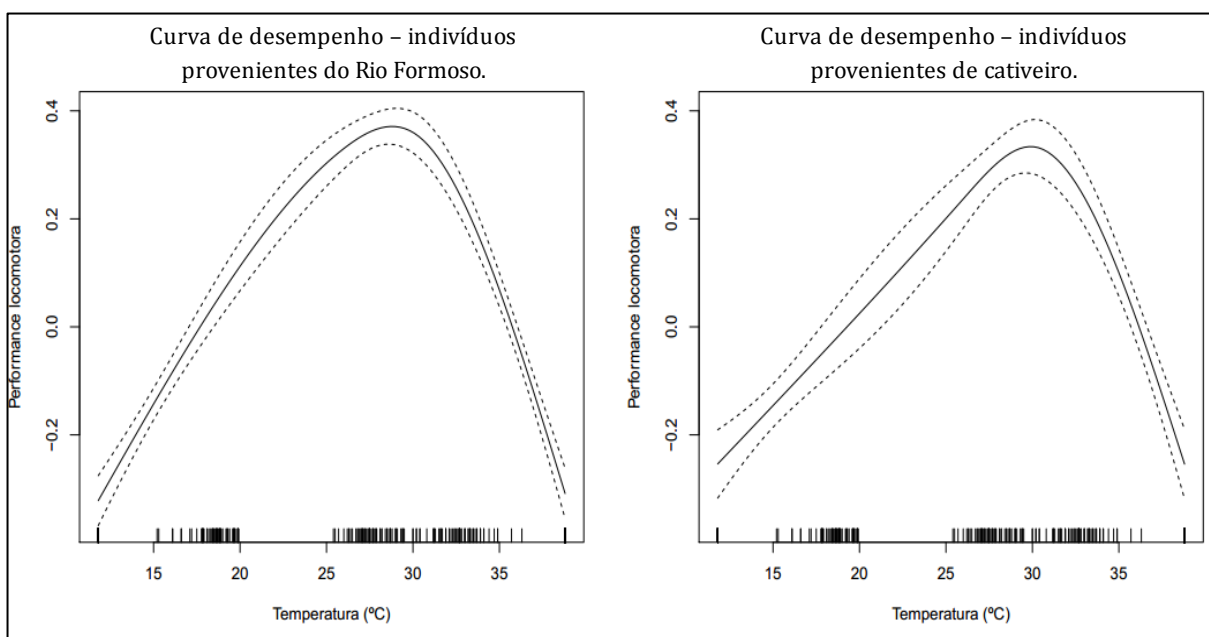
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indivíduos da espécie *P. expansa* provenientes de ambiente natural demonstraram melhor desempenho na temperatura de 28°C, aproximadamente, com um desempenho

locomotor de $0,34 \pm 0,34$ m/s. Os indivíduos do cativeiro apresentaram melhor desempenho em uma temperatura de, aproximadamente, 30°C , com um desempenho locomotor de $0,28 \pm 0,27$ m/s. Estes resultados mostram uma variação significativa ($t = -2,928$; $GL = 304$; $P = 0,00367$) na performance locomotora entre indivíduos de *P. expansa* de ambiente natural e de cativeiro, sendo o desempenho das espécies de ambiente natural superior, como é possível observar na figura 07. Não foi observada diferença significativa entre machos e fêmeas ($t = 0,293$; $GL = 204$; $P = 0,77$).

Resultados obtidos para *Terrapene ornata*, espécie com hábitos terrestres e aquáticos, indicam que a velocidade foi afetada significativamente pela temperatura, sendo que na faixa entre 30°C e 35°C houve melhor desempenho locomotor. Observou-se que a temperatura não afetou o comprimento das passadas, mas houve relação significativa entre a temperatura e a frequência da passada (CLAUSSEN *et al.*, 2002).

Figura 22- Curvas de desempenho da espécie *P. expansa* provenientes de ambiente natural e de cativeiro.



O resultado obtido para indivíduos de cativeiro pode ser explicado pelo fato de que essas tartarugas não se locomovem como os indivíduos de ambiente natural. *P. expansa* é uma espécie aquática e migratória com ocorrência nas bacias dos rios Amazonas e Tocantins-Araguaia e bacias do Atlântico Norte, uma área extensa onde sai em busca de alimentos, de ambientes seguros e calmos nos períodos chuvosos, nada longas distâncias para chegar a região onde realiza o processo de reprodução (VOGT *et al.*, 2015), além de se proteger de potenciais predadores. Já os indivíduos do criatório comercial não precisam se deslocar para

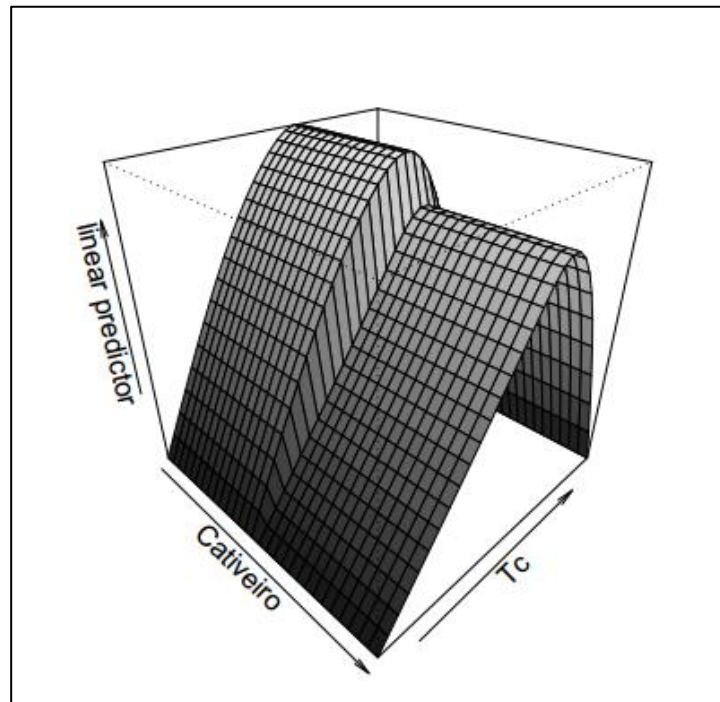
procurar comida, nem para reproduzir ou se proteger de predadores, vivem em um espaço pequeno e de pouca profundidade, o que podem influenciar em seu desempenho locomotor, uma vez que são indivíduos relativamente sedentários.

A qualidade da alimentação dos animais do criatório também pode ter influenciado na performance, pois no ambiente natural o animal pode adquirir nutrientes que não estão disponíveis no criatório comercial. Segundo funcionários do local, para manter a alimentação correta destes animais, nesse caso a ração, em cativeiro seria muito oneroso, visto isso, a alimentação se restringe ao que está sendo produzido na fazenda, como milho, por exemplo.

A alimentação inadequada já foi observada em outro estudo no criatório da Fazenda Praia Alta, além disso, também foram registradas inadequações sanitárias e falta de manutenção nos tanques. Os animais não apresentaram crescimento de massa corporal no período de estudo, foi detectada a presença de ectoparasitas, animais doentes e com úlceras pelo corpo, deficiência nutricional e descalcificação (ARAÚJO, 2011).

Ao compararmos a temperatura ótima para o melhor desempenho locomotor entre indivíduos de cativeiro e indivíduos de ambiente natural, observou-se que os indivíduos de cativeiro e de ambiente natural responderam diferentemente à temperatura, sendo que elas apresentaram curvas de desempenho com picos e formas diferentes significativamente (natural: $F = 169,00$; $GL.ref = 2,967$; $P < 0,001$; cativeiro: $F = 65,51$; $GL.ref = 2,945$; $P < 0,001$; $R^2 = 0,702$). Como é possível observar na figura 08, os animais de cativeiro apresentam melhor desempenho em temperaturas superiores em relação aos animais de ambiente natural, é possível que esse resultado seja explicado a partir das características físicas do ambiente que habitam.

Figura 23 - Gráfico enfatizando a diferença no desempenho e na temperatura do nado entre indivíduos de *P. expansa* de cativeiro e vida livre.



É necessário considerar as características termo-hídricas do habitat ao analisar as populações de animais ectotérmicos (PAVAN, 2007). A interdependência entre temperatura e disponibilidade de água, altera os gradientes dos recursos termo-hídricos e isso interfere no comportamento do animal quanto a escolha do habitat. No rio é possível o animal se deslocar até locais onde a temperatura esteja mais favorável para suas necessidades fisiológicas, porém no cativeiro o único movimento permitido é de ir até a superfície e depois para o fundo do tanque, além de quase não possuir sombras por falta de vegetação no entorno e ser um espaço pequeno para a quantidade de animais que abriga. Além disso, o aspecto físico-químico da água também é bastante distinto de um ambiente para o outro e interferem diretamente nas características térmicas da água (ESTEVES, 1998). Enquanto no rio a abundância de ambientes que pode ser explorado por *P. expansa* é enorme, a água está constantemente em movimento, a profundidade é maior e a qualidade da água é melhor que a água dos tanques do cativeiro.

No cativeiro a temperatura média da água nos períodos de coleta foi de $40,04 \pm 4,19^{\circ}\text{C}$, enquanto que no ambiente natural a média da água foi de $27,6 \pm 1,22^{\circ}\text{C}$. Por não possuir água corrente e a profundidade do cativeiro ser pequena em relação ao rio, a água do tanque pode atingir altas temperaturas mais rapidamente (ESTEVES, 1998). Além disso, a

estrutura dos tanques do criatório não oferece sombra suficiente para que os tanques tenha uma temperatura mais amena, fazendo com que os animais fiquem mais tempo em maiores temperaturas que animais de vida livre. Isso pode explicar os resultados do melhor de desempenho de animais de cativeiro ser em temperaturas maiores em relação aos animais de vida livre.

A partir das diferenças apresentadas nas curvas de desempenho (Figura 8) e das médias da água nos dois ambientes de coleta, pressupõe-se que a espécie possui características térmicas semelhantes as do ambiente em que vive, indo contra a afirmação de que seja uma espécie termorreguladora (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Estudos recentes indicam que *P. expansa* seja uma espécie termoconformadora e que a temperatura corporal dos indivíduos varia linearmente com a temperatura da água, conforme informado por Jullyana Carmo, Heitor Sousa e Adriana Malvasio¹, corroborando com o resultado obtido de que a temperatura corporal se adapta a temperatura da água. Para que essas informações sejam confirmadas sugere-se um estudo mais aprofundada das condições termo-hídricas dos ambientes habitados pela espécie, além de um estudo aprofundado quanto ao padrão termoconformador de *P. expansa*.

O termoconformismo já foi observado para a espécie *Hydromedusa tectifera*, tartaruga de água doce com hábito exclusivamente aquático (MOLINA; LEYNAUD, 2017) e para a *Hydromedusa maximiliani*, em que a temperatura corporal mostrou correlação significativa com a temperatura da água (SOUZA; MARTINS, 2006).

Com a informação de que os animais de cativeiro mostraram alterações nas temperaturas e no desempenho em relação aos animais de vida livre, infere-se que alterações nas características do ambiente de ocorrência de *P. expansa* pode interferir diretamente no comportamento da espécie. Variáveis físicas como corrente, temperatura, substrato e oxigênio são consideradas os mais importantes para a sobrevivência de organismos de vida aquática e que podem variar de acordo com vazão dos rios. Apesar disso, Faria, Malvasio e Rosanova (2018) não encontraram relação significativa entre o aumento da área destinada a agropecuária com aspectos reprodutivos de *P. expansa*, entretanto deve-se levar em consideração que as consequências dos impactos podem se manifestar depois de alguns anos do desmatamento, como será relatado no capítulo II.

Destaca-se aqui o conceito do estudo de vazão ecológica, que refere-se a quantidade de água que continua no leito do rio e que é necessário para a manutenção dos organismos aquáticos considerando todo o sistema hídrico, após a retirada de água pelo homem para

¹ Comunicação pessoal de Jullyana Carmo, Heitor Sousa e Adriana Malvasio, em 17 de janeiro de 2019.

abastecimento público, industrial, irrigação e energia elétrica (BENETTI; LANNA; COBALCHINI, 2003).

Vestena *et al.* (2012) enfatizam que para a determinação da vazão ótima para o ecossistema aquático não pode-se considerar somente os aspectos físicos sem considerar quais tipos de organismos vivem em determinado rio, fazendo com que grande parte dos métodos sejam ineficientes para definir o volume de água mínimo para a conservação do ecossistema fluvial. Visto que no Rio Formoso grande parte dos seus recursos hídricos são retirada para a irrigação, torna-se necessário um aprofundamento no estudo da vazão e da utilização dos recursos hídricos nessa região, buscando meios de aprimorar programas de conservação de *P. expansa*, levando em conta seu ciclo de vida e sua abrangência territorial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises do desempenho locomotor observou-se diferença significativa entre indivíduos de ambiente natural e de cativeiro, além disso, houve variação na temperatura ótima de cada grupo. Com estes resultados, pode-se inferir que a espécie em questão se adapta ao ambiente em que vive, corroborando com a hipótese de que seja termoconformadora, visto que o ambiente natural apresenta temperaturas mais amenas quando comparado ao tanque do cativeiro, e os animais de ambiente natural apresentaram melhor desempenho em temperaturas menores, comparado aos animais de cativeiro.

A diferença observada nos dois grupos de indivíduos quanto ao desempenho, além de poder ser atribuída as condições térmicas, pode ainda estar relacionada com a alimentação e sedentarismo dos animais do criatório comercial comparados aos animais de ambiente natural.

Para a realização de ações conservacionistas eficientes torna-se necessário um conhecimento aprofundado da espécie e suas características comportamentais. Portanto, fica a sugestão para a realização de estudos com o objetivo de verificar de fato o motivo da variação observada na performance do nado, avaliando as variáveis temperatura, alimentação, condições de locomoção, tamanho e habitat.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, C. J. R.; PÁDUA, L. F. M. Sincronia entre regime de vazante do rio e o comportamento de nidificação da tartaruga da Amazônia *Podocnemis expansa* (Testudinatas: Pelomedusidae). *Acta Amazônica*, v. 12, n. 2, p. 323-26, 1982.

ARAÚJO, L. S. **Avaliação de quelônios em criadouros do Estado do Tocantins e identificação da percepção ambiental sobre estes animais, como mecanismos de conservação.** 2011. 149f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas. 2011.

ATAÍDES, A. G.; MALVASIO, A.; PARENTE, T. G. Percepção sobre o consumo de quelônios no entorno do Parque Nacional do Araguaia, Tocantins: conhecimentos para a conservação. **Gaia Scientia**, v. 1, n. 4, p.7-20, 2010.

BALESTRA, R. A. M. et al. Roteiro para Inventários e Monitoramentos de Quelônios Continentais. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 114-52, 2016.

BENETTI, A. D.; LANNA, A. E.; COBALCHINI, M. S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 149-60, 2003.

BERNHARD, R. et al. Monitoramento populacional de quelônios amazônicos. In: BALESTRA, R. A. M. (Org.). **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos.** Brasília: IBAMA, 2016. 136p.

CANTARELLI, V. H. **Alometria reprodutiva da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*): bases biológicas para o manejo.** 2006. 116f. Tese (Doutorado em Ecologia Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. 2006.

CLAUSSEN, D. L. et al. Effects of slope, substrate, and temperature on the locomotion of the Ornate Box Turtle, *Terrapene ornate*. **Copeia**, n. 2, p. 411-18, 2002.

EMÍDIO JÚNIOR, C.; BARRADAS, A. C. Por que as tartarugas não termorregulam na praia? Ecologia térmica de quelônios (Testudines: *Podocnemis unifilis* e *Phrynops geoffroanus*) do rio Kuluene. **Revista de Ciênc. Agroamb.**, v. 15, n. 2, 2017.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 226p.

FACHÍN-TERÁN, A.; VOGT, R. C. Estrutura populacional, tamanho e razão sexual de *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no Rio Guaporé (RO), norte do Brasil. **Phyllomedusa**, v. 3, n. 1, p. 29-42, 2004.

FARIA, V. A.; MALVASIO, A.; ROSANOVA, C. Previsões da produção agropecuária e reprodução de *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) no entorno da Ilha do Bananal no Estado do Tocantins. **Revista Ouricuri**, v. 8, n. 2, p. 26-48, 2018.

IBGE. **Estimativa da população 2018**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/CSS> Acesso em: 23 jan. 2019.

LEITE, O. C. **Disponibilidade hídrica nos sistemas hidrográficos dos rios Tocantins e Araguaia no Estado do Tocantins**. 2015. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO. 2015.

MOLINA, F. J.; LEYNAUD, G. C. Estratégia de termoconformidade na tartaruga de água doce *Hydromedusa tectifera* (Testudines, Chelidae) em sua área de distribuição sul. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, p. 178-83, 2017.

PAVAN, D. **Assembléias de répteis e anfíbios do Cerrado ao longo da bacia do rio Tocantins e o impacto do aproveitamento hidrelétrico da região na sua conservação**. 2007. 422 f. Tese (Doutorado em Ciências - Área de Zoologia) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Zoologia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PENEREIRO, J.C.; MARTINS, L.L.S.; BERETTA, V.Z. Identificação de tendências sazonais dos regimes climático e hidrológico na Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia, Brasil. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.9, n.1, 2015.

PEÑUELAS, J.; FILELLA, I.; COMAS, P. Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. **Global Change Biology**, v. 8, p. 531-44, 2002.

PORTAL, R. R. et al. Espécies vegetais utilizadas na alimentação de *Podocnemis unifilis*, Troschel 1948 (Reptilia, Testudinae, Pelomedusidae) na região do Pracuúba -Amapá-Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 3, n. 1, p. 11-9, 2002.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A Vida dos Vertebrados**. 4ª ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2008. 684 p.

SALERA JÚNIOR, G.; BALESTRA, R. A. M.; LUZ, V. L. F. Breve histórico da conservação dos quelônios amazônicos no Brasil. In: BALESTRA, R. A. M. (Org.). **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Brasília: IBAMA, 2016. 136p.

SOUZA, F. L.; MARTINS, F. I. Body temperature of free-living freshwater turtles, *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae). **Amphibia-Reptilia**, v. 27, p. 464–8, 2006.

TOCANTINS. **Atlas do Tocantins**: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 6 ed. Palmas: Seplan, 2012. 80p.

VESTENA, L. R. et al. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, 2012.

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. ICMBio. 2015. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7431-repteis-podocnemis-expansa-tartaruga-da-amazonia2.html>> Acesso em 10 jul. 2017.

WOOD, S. N. **Generalized additive models: an introduction with R**. Chapman and Hall, 2006. 416 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi possível observar houve um crescimento exponencial nos últimos 32 anos das áreas ocupadas pela agricultura e pecuária na Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia, acarretando na fragmentação da paisagem natural, causando severos impactos ambientais, como desmatamento, erosão e contaminação do solo, assoreamento devido a perda da mata ciliar, contaminação da água, retirada de água em nível acima do limite aceitável para irrigação, alterações no clima regional e global e contaminação direta e indireta de organismos.

Visto que na bacia analisada, encontram-se municípios que se destacam na produção agropecuária, torna-se necessário a implantação de medidas protetivas que busquem manter a qualidade do ecossistema na região a ponto de não interferir no ciclo de vida das espécies aquáticas. Como observado para *P. expansa*, que depende das variações no nível do rio para iniciar seu comportamento de nidificação, uma vez que esse ambiente é impactado, a tartaruga terá dificuldade em reproduzir, o que acaba colocando em risco a espécie, visto que a espécie se reproduz uma vez ao ano, poucos indivíduos da ninhada sobrevivem e a maturação sexual é demorada.

Através da análise da curva de desempenho de *P. expansa* para ambiente natural e de cativeiro, observou-se que a espécie possui desempenhos diferentes de acordo com os ambientes que habitam. É possível que o resultado obtido tenha sido consequente das temperaturas do habitat que cada grupo de animal está habituado, porém outras variáveis que não foram analisadas aqui devem ser consideradas antes de afirmar que as espécies de cativeiro suportam temperaturas maiores e se locomovem mais rápido em 30°C devido ao ambiente que habita. Entretanto, considerando que a espécie possui comportamento termoconformador, infere-se que um aumento na temperatura a deixará mais vulnerável a extinção, uma vez que não possui capacidade de termorregular.

Estudo dos parâmetros ecofisiológicos de espécies que vivem em áreas impactadas pelo setor agropecuário mostraram-se relevantes, podendo ser melhor explorados em estudos futuros para que ações conservacionistas possam se tornar mais eficazes para a preservação de animais ectotérmicos.