

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul

**Variação da abundância de *Physalaemus biligonigerus* (Cope, 1861) (Anura: Leptodactylidae) sob influência da estrutura do habitat e paisagem em área de planície inundável, Brasil**

Pedro Henrique Pereira de Jesus



Campo Grande – MS

Abril de 2016

**Variação da abundância de *Physalaemus biligonigerus* (Cope, 1861) (Anura: Leptodactylidae) sob influência da estrutura do habitat e paisagem em área de planície inundável, Brasil**

Pedro Henrique Pereira de Jesus

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

Orientadora: Dra. Vanda Lúcia Ferreira

Co-orientador: Dr. José Manuel Ochoa-Quintero

Campo Grande – MS

Abril de 2016

## **Banca avaliadora**

## Dedicatória

*“Dedico este trabalho primeiramente à Deus por ter me sustentado e guiado nessa caminhada, aos meus pais Angela Alves Pereira e Ivan Claúdio Adames de Jesus por todo o apoio concedido, aos meus irmãos Paulo Sérgio Pereira de Jesus e Ivan Vinicius Adames por todo o incentivo e por acreditarem sempre no meu potencial, e aos meus queridos avós maternos Anália Alves Dias e Orlando Pereira Dias, e paternos Iracy Adames de Jesus e Avelino de Jesus Neto, e a todos animais por serem tão encantadores e magníficos.”*



## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus por todas as conquistas já alcançadas, e por ter me abençoado e possibilitado que eu realizasse esse sonho que por fim está se concretizando.

Sou grato à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior pela possibilidade de cursar o mestrado e por todo o apoio financeiro, obrigado.

Aos meus familiares pelo apoio incondicional durante essa caminhada, sem vocês isso não teria sido possível. Em especial à minha mãe, Angela, que sempre esteve de prontidão para me ouvir, me aconselhar e me incentivar, ao meu pai Ivan, mesmo de longe ele sempre se orgulhou e me apoiou, aos meus irmãos Paulo e Ivan Vinicius por serem motivos para eu seguir em frente, e aos meus avós Anália, Orlando, Iracy e Avelino, vocês são maravilhosos, obrigado por tudo.

Quero aqui agradecer a Vanda, minha orientadora, responsável por grande parte dessa etapa, sem dúvidas uma referência profissional e pessoal para mim. Além de orientadora, você se tornou uma grande amiga, companheira. Obrigada por toda a paciência, conversas, ideias, saídas a campo, enfim, se hoje estou aqui devo muito à você. Agradeço imensamente também ao meu co-orientador José. Uma pessoa extraordinária, com a qual eu aprendi muito e acredito que tenho muito a aprender ainda. Obrigado por toda a ajuda no trabalho, conversas, e também pela sua amizade.

Sou grato também ao Beto Pellegrin, ao Walfrido Tomas e a toda a equipe da Embrapa Pantanal e fazenda Nhumirim. Com certeza a ajuda de vocês foi essencial na construção do trabalho. Muito obrigado!

Ao Tony e Gamarra e a toda a equipe do laboratório de Geotecnologias ambientais da UFMS, muito obrigado por toda a ajuda!

Aos amigos de mestrado, em especial aos meus colegas de turma Junior Henrique e Guellity Marcel, obrigado pela parceria e troca de ideias. Obrigado!

Aos professores do PPGEC por todos os aprendizados, correções do trabalho e disponibilidade, e a toda a equipe, desde os técnicos até a Rose, secretária.

Por ora, desculpo-me antecipadamente se não citei algum nome que possa não ter lembrado, e agradeço a todos que de uma forma ou outra me ajudaram! Enfim, encerro com agradecimentos aos animais com qual trabalhei, como costumava comentar com os colegas, “o fusquinha do Pantanal” me despertou a curiosidade e continua despertando. Obrigado!

## Índice

<b>Resumo</b> .....	07
<b>Abstract</b> .....	08
<b>Introdução</b> .....	09
<i>Hipóteses</i> .....	10
<b>Material e Métodos</b> .....	11
<i>Área de estudo</i> .....	11
<i>Obtenção dos dados e delineamento amostral</i> .....	11
<i>Estrutura do habitat</i> .....	12
<i>Tratamento de imagens e métricas da paisagem</i> .....	13
<i>Análise de dados</i> .....	14
<b>Resultados</b> .....	14
<b>Discussão</b> .....	18
<b>Conclusão</b> .....	20
<b>Literatura citada</b> .....	21

## Capítulo 2

### **Variação da abundância de *Physalaemus biligonigerus* (Cope, 1861) (Anura: Leptodactylidae) sob influência da estrutura do habitat e paisagem em área de planície inundável, Brasil**

#### **Resumo**

As características da estrutura do habitat e da paisagem são determinantes na compreensão dos padrões de distribuição, diversidade, riqueza e abundância dos anfíbios. A influência do habitat em micro e mesoescala nos parâmetros populacionais dos anfíbios é cada vez mais evidente, e cada espécie responde a esses efeitos de diferentes formas. Diante disso, investigamos a influência do habitat ao nível de microescala e mesoescala na abundância de *Physalaemus biligonigerus* em uma área da porção oeste da sub-região do Pantanal da Nhecolândia. Os indivíduos foram amostrados através de armadilhas de interceptação e queda com cerca-guia entre 2008 a 2014. A abundância de rã-chorona ( $n = 659$ ) variou ao longo dos anos e campanhas, porém, a espécie foi mais abundante na estação úmida. O modelo linear misto demonstrou que o índice de umidade por diferença normalizada e a distância da água exercem influência significativa sobre a abundância ponderada de *P. biligonigerus*. Na análise de variância, a porcentagem de campo limpo também foi um preditor importante, e a mesma interação de modo expressivo com a distância da água. Isso demonstra que *P. biligonigerus* predomina nas áreas de campos e menos distantes da água. Nossos resultados evidenciam a influência da configuração da paisagem sobre a abundância de *P. biligonigerus*.

*Palavras-chave:* Rã-chorona, Pantanal, métricas da paisagem, fatores locais, flutuações populacionais

## Abstract

Habitat structure and landscape characteristics are relevant aspects to understand the patterns of distribution, diversity, richness and abundance of amphibians. The influence of habitat in micro and mesoscale has been reported in the population parameters of amphibians is increasingly evident, and each species responds to these effects in different ways. Therefore, we investigated the influence of habitat in terms of microscale and mesoscale on the abundance of *Physalaemus biligonigerus* in an area of the western portion of the sub-region of Pantanal of the Nhecolândia. Individuals were sampled by pitfall traps with drift fence between 2008 to 2014. The abundance of weeping frog (n = 659) varied over the years and campaigns, but the specie was most abundant in the wet season. The linear mixed model demonstrates that normalized difference water index and distance to water show significant effect on the abundance pondered of *P. biligonigerus*. In the analysis of variance, grasslands percentage was also an important predictor, and interacts expressively with distance to water. This demonstrates that *P. biligonigerus* predominates in grasslands and areas less distant from water. Our results show the influence of seasonality and landscape factors on the abundance of *P. biligonigerus*.

*Keywords:* Weeping frog, Pantanal, landscape metrics, local factors, population fluctuations

## Introdução

Os anfíbios são organismos ectotérmicos, de pele permeável e seus ovos são envoltos por uma fina membrana de forma que necessitam de umidade para a manutenção do embrião e ciclo de vida, que em muitos casos envolve o processo de metamorfose em ambiente aquático (Halliday 2008). Todas essas características restringem esses animais a habitats específicos e demonstram suas vulnerabilidades frente a processos como as mudanças climáticas, doenças, e atividades antrópicas (Loyola et al. 2014; Scheele et al. 2014).

Assim, diversos parâmetros ambientais podem ser úteis e importantes para compreender a interação entre esses animais e o ambiente, sendo que alguns desses parâmetros são mais frequentemente investigados, como a temperatura e precipitação que normalmente apresentam relações interessantes na detecção da presença de anfíbios (Otto & Roloff 2011). Há uma grande variedade de fatores ambientais aplicados nessas pesquisas e diversas formas de aferi-los. Por exemplo, no estudo Werner e colaboradores (2007) a cobertura de dossel e o hidroperíodo das lagoas foram determinantes dos padrões de composição e agrupamento das comunidades de anfíbios. No entanto, processos em escalas mais amplas podem ser mais importantes do que aqueles que em escala local em relação aos padrões de ocupação das populações de anfíbios (Scherer et al. 2012).

Fatores ambientais, como a variabilidade espacial e temporal da vegetação são processos dinâmicos e dependentes de vários fatores. A compreensão e caracterização dos parâmetros biofísicos vegetacionais ao longo do tempo pode ser obtida através da análise de variações espectrais, as quais são calculadas por índices de vegetação de sensores orbitais (Bajgain et al. 2015). Dentre os principais índices, podemos destacar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Umidade por Diferença Normalizada (NDWI).

O NDVI é aplicado em estudos que visam avaliar aspectos como as condições e mudanças da vegetação em determinado local, e muitas das vezes essas investigações buscam relacionar tais características com os animais. Por exemplo, os anfíbios, principalmente os endêmicos, são afetados pela perda de habitat, e índices como o NDVI são ferramentas úteis em pesquisas que buscam demonstrar os efeitos da remoção de vegetação sobre esses animais, uma vez que o NDVI detecta a quantidade e as condições da vegetação em uma determinada área (Sangermano et al. 2015).

Por outro lado, o NDWI é utilizado em investigações sobre a presença, condições e quantidade de água. Esse índice pode ser útil na detecção dessas áreas na paisagem, como por exemplo, na identificação de áreas com depressões onde se formam poças de água temporárias, as quais podem contribuir para a dinâmica de metapopulações de anfíbios (Gibbs & Reed 2008; Wu & Liu 2014). Nesse contexto, o NDWI é uma métrica interessante para os estudos que envolvem paisagem e anfíbios, podendo fornecer informações sobre a presença e a quantidade de água de uma área a partir de imagens de satélite (McFeeters 1996).

A diversidade de anfíbios resulta em uma complexidade de hábitos e comportamentos. Cada espécie apresenta seu hábitat particular, considerado como mancha de habitat. Essa mancha de habitat depende da espécie, e pode compreender uma lagoa, um fragmento florestal, entre outras feições (Hossack et al. 2013; Almeida-Gomes et al. 2016). A distância mínima entre manchas de habitat e entre uma mancha de habitat e corpos hídricos é uma característica relevante nos estudos com anfíbios, e pode ser fundamental para a compreensão de padrões de distribuição e abundância desses animais (Vasudevan et al. 2001; Mims et al. 2014).

Desse modo, estudos que envolvam tanto fatores em escala local como variáveis no nível de paisagem tornam-se essenciais, uma vez que em ambas podem aparecer preditores importantes das comunidades e populações de anfíbios (Coster et al. 2015). No entanto, a abrangência dessas pesquisas em termos de diferentes ecossistemas ainda é incipiente, e planícies inundáveis como o Pantanal apresentam particularidades destacáveis como, por exemplo, a dinâmica de inundação (Schwerdtfeger et al. 2015).

O Pantanal apresenta diversidade de anfíbios considerável, e no geral se caracteriza por sustentar grandes populações desses animais, dentre os quais destaca-se *Physalaemus biligonigerus* Cope, 1861. Essa espécie, apesar de ser bastante abundante nesse ecossistema, ainda é relativamente desconhecida quanto a estrutura e flutuação de suas populações (Terra 2012). Assim, este estudo visa investigar a influência do hábitat ao nível de microescala e mesoescala na abundância de *Physalaemus biligonigerus* em uma área de planície de inundação do Mato Grosso do Sul, Brasil.

### *Hipóteses*

É provável que a abundância de *P. biligonigerus* apresente uma relação negativa com o NDVI e a distância da água, e positiva com o NDWI e com a porcentagem de campo

limpo dos diferentes pontos amostrais, devido ao fato de que a espécie é tipicamente de áreas campestres e se reproduz em poças de água temporárias e permanentes.

Os pontos amostrais com estrato arbóreo denso provavelmente apresentarão menor abundância de *P. biligonigerus*. Em contrapartida, os locais de amostragem com predomínio de gramíneas e exposição de solo influenciarão a abundância da espécie de modo positivo, uma vez que áreas mais abertas são mais propícias para a ocorrência de rã-chorona.

Dessa forma, esperamos que a presença e abundância de *P. biligonigerus* sejam fortemente influenciadas tanto pelas características da paisagem quanto pela estrutura do hábitat, visto os requerimentos ecofisiológicos e biológicos ligados à sobrevivência de *P. biligonigerus*, a qual habita ambientes terrestres e fossóreos, e apresenta um padrão reprodutivo explosivo.

## **Material e métodos**

### *Área de estudo*

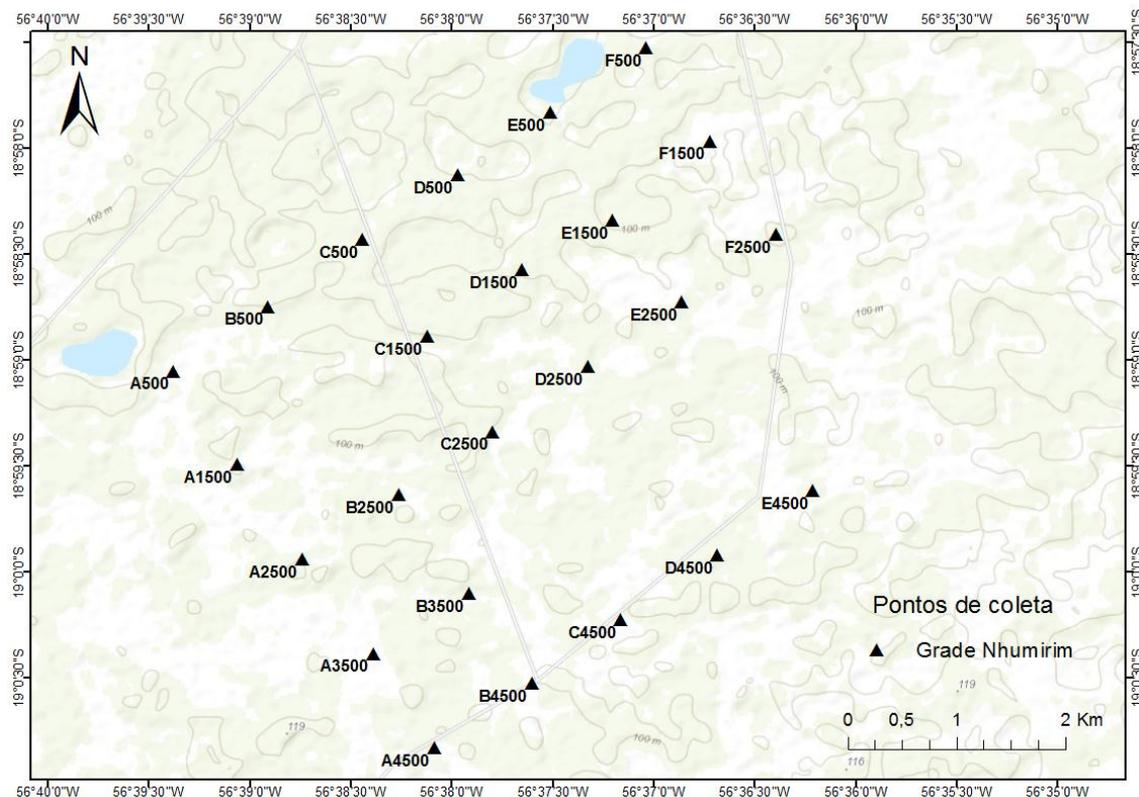
O estudo foi desenvolvido na Fazenda Nhumirim ocupa uma área de 4.310 ha na sub-região do Pantanal da Nhecolândia (18°59'S, 56°37'W), município de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil (Nunes et al. 2005). O clima na sub-região é tropical sub-úmido (Aw), sazonalmente bem definido com estação chuvosa (de novembro a abril) e seca (de maio a outubro). A precipitação anual pode chegar aos 1.180 mm, e a temperatura média mensal varia entre 21 e 33 °C (Soriano e Alves 2005). A vegetação local é típica da planície pantaneira, composta por floresta semidecídua, cerradão e cerrado em um mosaico de capões, cordilheiras, baías, salinas, vazantes e campos inundáveis (Ratter et al. 1988).

### *Obtenção dos dados e delineamento amostral*

Os registros foram obtidos entre abril de 2008 a dezembro de 2014, sendo que os dados anteriores a 2013 fazem parte do banco de dados de monitoramento da herpetofauna dessa área (V. L. Ferreira). O número de campanhas foi diferente ao longo dos anos amostrados: 2008 (n = 4), 2009 (n = 2), 2010 (n = 3), 2011 (n = 2), 2012 (n = 5), 2013 (n = 2) e 2014 (n = 2). No geral, essas excursões a campo tiveram duração média de cinco noites consecutivas, com uso de armadilhas de interceptação e queda com cerca-guia, as quais eram mantidas em funcionamento ininterrupto e revisadas

diariamente durante cada campanha. Em 2014, além desse procedimento, no período noturno foram realizadas buscas ativas para procurar indivíduos de *P. biligonigerus* nos pontos de coleta e no seu entorno.

Os conjuntos de armadilhas estão instalados na área de estudo desde 2008 em projeto do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). O PPBio investe em amostragens padronizadas em sistema de grade RAPELD (25 km<sup>2</sup>) para o monitoramento completo da fauna e flora a longo prazo, e possíveis comparações geográficas (Figura 1). A grade apresenta 30 isolinhas de 250 m, as quais abrangem ambientes distintos, e no início dessas isolinhas estão instaladas as 24 armadilhas. Essas armadilhas foram construídas em linhas, compostas por dois recipientes plásticos de 100 L, distantes 10 m entre si e interligados por cerca-guia composta de tela verde tipo “mosquiteira”, de 50 a 80 cm de altura, que os ultrapassa em 1 m nas extremidades.



**Figura 1.** Mapa temático com a localização de 24 pontos de amostragem do sistema de grade RAPELD (25km<sup>2</sup>) do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), região da fazenda Nhumirim, sub-região do Pantanal da Nhecolândia, Corumbá, MS, Brasil.

#### *Estrutura do habitat (microescala)*

A relação entre a estrutura do hábitat e a presença e abundância de *P. biligonigerus* foi estimada a partir das seguintes variáveis avaliadas em cada ponto

amostral: solo exposto, serapilheira, bromélia, gramínea, sub-bosque, dossel e acuri. Essas variáveis em microescala foram avaliadas com o auxílio de fita métrica, onde foi estimado o quanto cada variável ocupava em um raio de 30m no entorno de cada unidade amostral. A partir daí, foram obtidas as somas dos valores de cada variável em cada unidade amostral, as quais representam a unidade amostral na matriz de dados da estrutura ambiental. Esses dados são oriundos de banco de dados, e ajustados para a presente pesquisa (Terra 2012).

#### *Tratamento de imagens e métricas da paisagem*

As imagens utilizadas no trabalho são correspondentes ao sistema orbital TM/Landsat 5, órbita 226 e ponto 73. A resolução espacial dessas imagens é de 30 metros, e se encontram disponíveis para download nos sites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e USGS Explorer. Para representar as métricas de mesoescala ao longo dos anos amostrados, foram utilizadas cenas referentes aos seguintes períodos: agosto e novembro de 2008, junho de 2009, março e julho de 2010, fevereiro de 2011, junho de 2013, e março de 2014. Essa seleção foi baseada nos períodos de coleta de cada ano, e na qualidade das imagens disponíveis.

Todas as imagens foram georreferenciadas no Regeemy 0.2.43, onde a partir de uma imagem de referência ortorretificada (GLS/Landsat) coletaram-se pontos de amarração na imagem processada. Para as imagens Landsat 8 esse procedimento não foi necessário. As imagens utilizadas são referentes a cada período amostral em cada ano, sendo que em alguns anos houve amostragens em apenas uma estação climática, e em outros em ambos os períodos (cheia e seca).

A classificação de imagens de satélite foi elaborada no programa Spring 4.3.3, e conhecimentos a campo serviram de subsídio para tal procedimento. A composição RGB (banda 3-B, banda 4-G, banda 5-R) foi adotada na interpretação visual. O método de classificação utilizado foi o K-medias, visto a sua capacidade em diferenciar elementos da paisagem com pequenas variações. A acoplagem de imagens facilitou o reconhecimento dos diferentes elementos da paisagem no mapeamento temático, e em seguida foram realizadas as edições matricial e vetorial. Após a classificação das imagens, os arquivos vetoriais foram utilizados para o cálculo das variáveis da paisagem.

A associação entre as características da paisagem e a presença e abundância de *P. biligonigerus* foi averiguada por métricas de paisagem, as quais consistiram em

NDVI, NDWI, distância euclidiana do ponto amostral ao corpo hídrico mais próximo, e porcentagem de campo limpo em cada ponto. Para o cálculo do NDVI foram utilizadas as bandas do infravermelho próximo e vermelho visível, enquanto o cálculo do NDWI foi realizado com base nas bandas do infravermelho próximo e do verde visível.

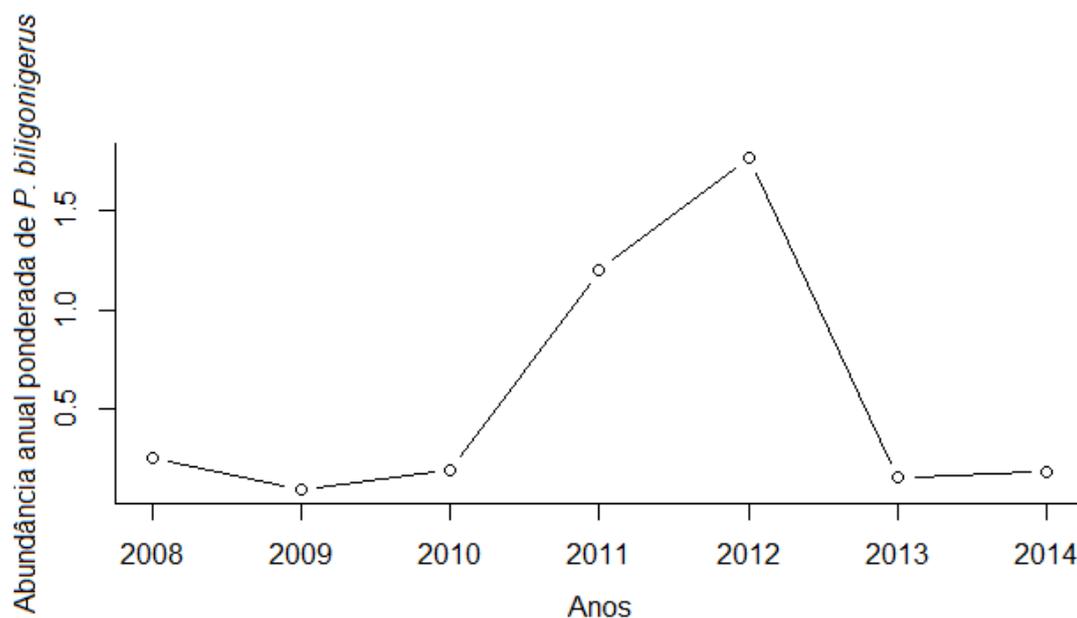
Essas métricas foram obtidas num raio de 300m (“buffers”) a partir de cada um dos 24 pontos amostrais, distância apropriada quando o intuito é caracterizar habitats terrestres, obter informações em escalas amplas, e relacionar esses dados com os anfíbios (Semlitsch e Bodie 2003). Todos esses procedimentos foram realizados com a ferramenta Arcmap 10.1 do software Arcgis.

### *Análise de dados*

Para compreender a relação entre as variáveis de microescala e mesoescala e a presença e abundância de *P. biligonigerus*, a abundância foi ponderada pelo esforço amostral, isto é, cada valor de abundância de um ponto obtido em uma determinada campanha foi dividido pelo número de noites de monitoramento da respectiva campanha. Utilizamos uma abordagem de seleção de modelos (Burnham e Anderson 2002). Essa abordagem permitirá a identificação do melhor modelo, entre conjuntos de dados e de modelos candidatos. Para a obtenção dos valores de AIC (critério de informação de Akaike), serão realizados modelos lineares gerais mistos, os GLMM (Zuur et al. 2009), por meio do software R (versão 3.2.2, R Development Core Team 2015).

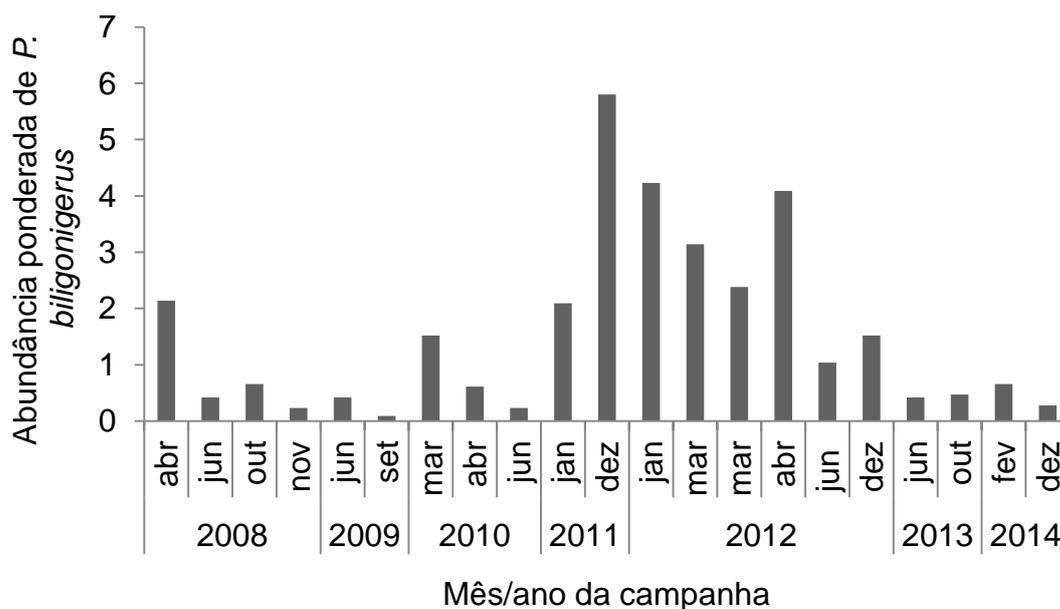
## **Resultados**

Foram registrados 659 indivíduos de *P. biligonigerus* com destaque para 2011 e 2012 cujas abundâncias ponderadas gerais (indivíduos|ponto amostral/n° de noites de cada campanha e ano) foram mais elevadas, porém, a maioria foi encontrada na estação úmida (87,5%). Nos outros anos a abundância ponderada geral apresentou-se relativamente estável e inferior a 0.5 indivíduos|ponto amostral/noites (figura 2).



**Figura 2.** Abundância de *Physalaemus biligonigerus* ponderada pelo esforço amostral ao longo dos anos coletados na fazenda Nhumirim, na sub-região do Pantanal da Nhecolândia, Corumbá, MS, Brasil.

A campanha com maior registro de indivíduos de *P. biligonigerus* foi a realizada em dezembro de 2011 (abundância ponderada = 5.8 indivíduos|ponto amostral/noites), e a campanha feita em setembro de 2009 registrou a menor quantidade de indivíduos de rã-chorona.



**Figura 3.** Distribuição da abundância ponderada de *Physalaemus biligonigerus* ao longo dos meses e anos de cada campanha de amostragem na fazenda Nhumirim, sub-região do Pantanal da Nhecolândia, Corumbá, MS, Brasil.

O NDWI foi o principal preditor da abundância de *P. biligonigerus*. Além dele, distância da água e porcentagem de campo também são importantes e podem ter efeitos diretos sobre a variável resposta (Tabela 1).

**Tabela 1.** Lista de modelos lineares mistos com a relação das variáveis explicativas incluídas em cada modelo descrevendo a abundância ponderada de *Physalaemus biligonigerus* capturados na fazenda Nhumirim, sub-região do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. NDWI: índice de umidade por diferença normalizada.

Modelo	Fatores	AICc	Delta AICc	AICc wi
1	NDWI	638.15	0	0.235
2	NDWI e distância da água	665.81	1.297	0.123
3	NDWI e % campo limpo	671.91	1.882	0.092
4	NDWI, % campo limpo e distância da água	751.94	3.018	0.052
5	NDWI, % campo limpo, distância da água e serapilheira	763.14	4.831	0.021

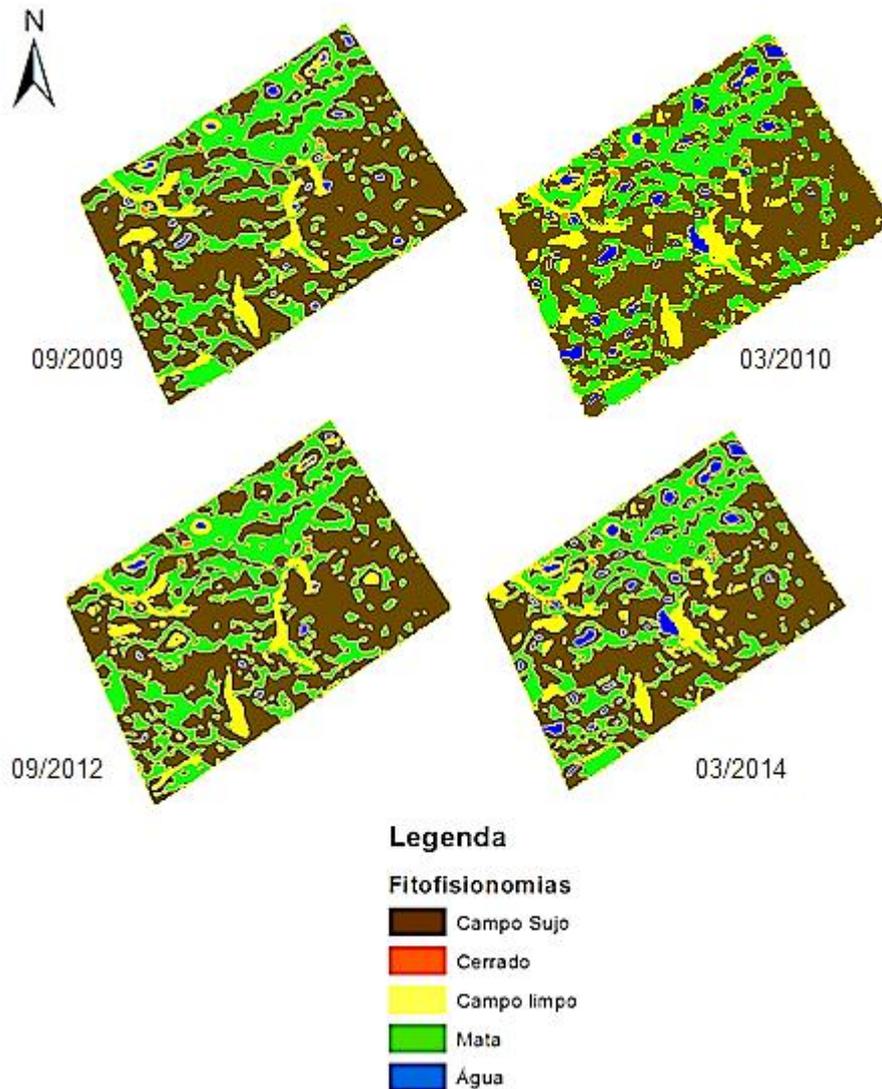
De acordo com a relação das variáveis pré-selecionadas para construirmos os modelos lineares mistos, o NDWI e a distância da água foram os preditores que exerceram influência significativa sobre a abundância ponderada de *P. biligonigerus* (Tabela 2).

**Tabela 2.** Representação das variáveis pré-selecionadas para a construção dos modelos lineares mistos relacionados à abundância ponderada de *Physalaemus biligonigerus*, e com as seguintes variáveis explicativas: índice de umidade por diferença normalizada (NDWI), porcentagem de campo limpo, distância da água e serapilheira. Coeff. = Coeficiente; EP = Erro Padrão; gl = graus de liberdade. Valor de significância: 0.001 ‘\*\*\*’, 0.05 ‘.’

Variável	Coeff.	EP	gl	t valor	p valor
(Intercept)	-0.44503	0.35536	160	-1.2523	0.212
NDWI	1.90425	0.06491	44	3.3708	0.001 **
% campo limpo	0.00000	0.00000	44	0.7818	0.438
Distância da água	0.00000	0.00000	44	1.9362	0.059 .
Serapilheira	0.00242	0.00228	160	1.0613	0.290

As imagens classificadas da área da Fazenda Nhumirim relacionadas a diferentes anos e estações mostram diferenças nítidas, principalmente em relação à presença de

corpos d'água. Na estação úmida, é possível observar maior quantidade de água, o que dá suporte aos maiores valores de abundância encontrados nos meses mais chuvosos (Figura 4).



**Figura 4.** Imagens LANDSAT classificadas conforme tipo de cobertura vegetal, ponto 73, órbita 226, em diferentes períodos de amostragem realizadas na fazenda Nhumirim, sub-região do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil.

Os preditores obtidos em escala de paisagem e que aparecem no modelo são NDWI, porcentagem de campo limpo e distância da água. A abundância de *P. biligonigerus* apresentou correlação positiva com o NDWI ( $r = 0.07$ ;  $p = 0.28$ ;  $t = 1.08$ ) e com a porcentagem de campo limpo ( $r = 0.11$ ;  $p = 0.07$ ;  $t = 1.76$ ), porém, não houve significância em ambas as análises (Figuras 5 e 6). Em contrapartida, a variável resposta

apresentou correlação negativa com a distância da água ( $r = -0.05$ ;  $p = 0.42$ ;  $t = 0.79$ ), no entanto, trata-se também de uma correlação sem significância estatística (Figura 7).

A análise de variância constatou que as variáveis ano, NDWI, porcentagem de campo limpo e distância da água exercem influência significativa sobre a abundância de *P. biligonigerus* (Tabela 2). Porém, distância da água e porcentagem de campo limpo apresenta interação entre seus efeitos, e isto significa que os pontos com maior porcentagem de campo limpo e menos distantes da água apresentam maiores valores de abundância de *P. biligonigerus*.

**Tabela 3.** Análise de Variância do modelo linear misto de melhor ajuste. 0 \*\*\*\*, 0.001 \*\*\*, 0.01 \*\*. Variável Resposta: Abundância ponderada de *Physalaemus biligonigerus*.

Fator	LR ( $\chi^2$ )	GI	P ( $\chi^2$ )
Ano	3.539	1	0.0389*
NDWI	294.853	23	0.0345*
%Campo Limpo	285.532	23	6.225e-05***
Distância da água	287.533	23	0.0211*
Serapilheira	269.783	23	0.3979
%Campo Limpo Distância da água	277.402	23	6.426e-05***

## Discussão

A abundância de *Physalaemus biligonigerus* variou de forma sazonal e anual. Os parâmetros populacionais dos anfíbios podem apresentar variações naturais e não naturais devido cada espécie possuir suas características singulares, por exemplo, a variação da abundância e a taxa de crescimento populacional variam de uma espécie para outra (Cole et al. 2014). O efeito da sazonalidade pode atuar sobre vários atributos dos anfíbios, como na abundância e preferência alimentar desses animais (Grasser e Smith 2014; Oliveira e Haddad 2015). Nesse sentido, estudos em longo prazo com análises de séries temporais são essenciais para a compreensão da relação de fatores ambientais com a estrutura temporal das populações de anfíbios, sendo que parâmetros como a probabilidade de ocupação variam ao longo dos anos (Adams et al. 2013; Hossack et al. 2013).

Rã-chorona foi mais abundante na estação úmida. A maior abundância da espécie nos períodos mais úmidos está relacionada provavelmente com a disponibilidade de sítios reprodutivos e com a própria dependência da água, a qual pode tornar os indivíduos mais ativos e facilitar a captura, visto as condições climáticas favoráveis à reprodução (Kopp & Eterovick 2006; Ryan et al. 2015).

Dessa forma, precipitação e umidade podem explicar a maior abundância de *P. biligonigerus* nos meses mais úmidos. Espécies do mesmo gênero, como *Physalaemus albonotatus* e *Physalaemus nattereri*, também são influenciadas pela quantidade de chuvas, e são mais abundantes nos meses mais chuvosos (Rodrigues et al. 2004). Chuvas fortes podem causar a formação de inúmeras poças d'água temporárias, as quais são usadas por muitos anuros para a reprodução, e este uso está sujeito a eventos como a flutuação do nível de água e consequente desidratação, visto que muitas poças secam rapidamente (Marsh 2000). No entanto, espécies que produzem ninhos de espuma, como é o caso de *P. biligonigerus*, detém a viabilidade de seus ovos por mais tempo retardando a desidratação, uma vez que a espuma protege os ovos durante o período de incubação e contém algumas substâncias essenciais à sobrevivência do embrião, como por exemplo, o oxigênio (Zina 2006).

As métricas da paisagem NDWI e distância da água compuseram o modelo linear misto que melhor descreveu a abundância de *P. biligonigerus*. O NDWI é um indicador da presença e quantidade de água, muito aplicado no sensoriamento remoto e áreas agrícolas, e pouco utilizado em estudos com animais (Chen et al. 2003; Warren 2013). A inclusão de NDWI e a ausência de NDVI nos modelos selecionados podem ser resultantes da maior sensibilidade do NDWI à seca e à precipitação (Palacios-Orueta et al. 2005; Gu et al. 2007). Sua relação com a abundância de *P. biligonigerus* demonstra que locais com maiores quantidades de água oferecem condições e habitats mais adequados à presença da espécie. Em contrapartida, a presença da distância mínima dos pontos ao corpo d'água mais próximo no modelo evidencia que *P. biligonigerus* predomina nos locais menos distantes da água, o que corrobora com as características intrínsecas da espécie (Kwet et al. 2010).

A análise de variância demonstrou que além do NDWI e da distância da água incluídos no modelo, a percentagem de campo limpo também exerce efeito significativo sobre a abundância de *P. biligonigerus*, e esta apresenta interação significativa com a distância da água. De acordo com Borges-Martins e colaboradores (2007), os indivíduos de *P. biligonigerus* habitam na região sul campos próximos a corpos d'água temporários e permanentes, onde se movimentam principalmente durante a noite. É possível observar tanto na região sul como no Pantanal sul-matogrossense a presença de formações campestres e de solos arenosos, o que favorece a ocorrência da espécie. No entanto, trata-se de duas áreas com regimes climáticos e vegetacionais distintos, de modo que a espécie se comporte de modos diferentes nos dois tipos de ambientes.

As variáveis em microescala não influenciaram a abundância de *P. biligonigerus*, apenas serapilheira foi pré-selecionada, mas, não apresentou relação significativa ( $p > 0.05$ ). Cobertura de dossel e sub-bosque podem ser determinantes para a presença dos anfíbios, porém, espécies florestais, como *Rana sylvatica*, são as mais afetadas, visto que geralmente espécies aquáticas e de áreas abertas possivelmente sofrem menos influência por utilizar habitats terrestres (e.g. florestas) esporadicamente para atividades como forrageio e migração (Werner & Glennemeier 1999; Roznik & Johnson 2009). Em geral, variáveis ambientais são preditores importantes da estrutura da comunidade de anfíbios, no entanto, sua relação com esses animais varia conforme o local amostrado e as espécies em questão (Xavier & Napoli 2011).

As flutuações populacionais podem ser oriundas de fatores naturais e não naturais. *P. biligonigerus* apresentou flutuações populacionais ao longo dos anos, com incrementos e decréscimos. As flutuações populacionais naturais são ditadas por regimes raros de alto recrutamento e declínios graduais, sendo que essas características variam de espécie para espécie, e conforme o hábito da espécie em questão, de modo que espécies terrestres tendem a apresentar variações menores do que espécies aquáticas (Green 2003). Por outro lado, temos as flutuações populacionais não naturais, por exemplo, no estudo de Eisemberg & Bertoluci (2016), esses pesquisadores encontraram diferenças significativas na assimetria flutuante de populações de *P. cuvieri* presentes em ambientes com diferentes graus de distúrbio e níveis de urbanização, o que evidencia a influência de fatores não naturais sobre as populações de anfíbios. Para *P. biligonigerus*, é provável que as flutuações populacionais sejam de ordem natural, uma vez que a espécie é bastante encontrada em meios antropizados, e o ecossistema estudado sofre baixo antropismo relativo.

## **Conclusão**

A abundância de *Physalaemus biligonigerus* varia sazonalmente, apresentando flutuações populacionais particulares, com maior abundância na estação úmida, atribuída a maior atividade reprodutiva nessa época associada a disponibilidade de corpos d'água.

Em escala de paisagem, NDWI, distância mínima ao corpo d'água mais próximo e porcentagem de campo limpo são preditores da abundância de *P. biligonigerus*. A configuração da paisagem é fundamental para *P. biligonigerus*, que na região do Pantanal Sul predomina em áreas de campo limpo próximas a corpos d'água.

Sendo assim, nossos resultados revelam que para as populações de *P. biligonigerus* presentes no Pantanal Sul fatores da paisagem foram mais importantes do que fatores locais para a determinação da abundância da espécie, de modo que a configuração da paisagem aparece como aspecto fundamental para a compreensão da distribuição e abundância de *P. biligonigerus*.

### **Literatura citada**

- Adams MJ, Miller DAW, Muths E, Corn PS, Grant EHC, Bailey LL, Fellers GM, Fisher RN, Sadinski WJ, Waddle H & Walls SC. 2013. Trends in Amphibian Occupancy in the United States. PLoS ONE 8(5): 6–10. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0064347>
- Almeida-Gomes M, Vieira MV, Rocha CFD, Metzger JP & De Coster G. 2016. Patch size matters for amphibians in tropical fragmented landscapes. Biological Conservation 195: 89–96. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.025>
- Bajgain R, Xiao X, Wagle P, Basara J & Zhou Y. 2015. Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 108: 151-160. <http://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.07.004>
- Borges-Martins M, Colombo P, Zank C, Becker FG & Melo MTQ. 2007. Anfíbios. Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, pp276–291.
- Burnham KP, Anderson DR (2002) Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd ed. Springer, New York pp 515
- Chen D, Jackson TJ, Cosh F, Li, MH, Walthall C & Anderson M. 2003. Estimation of vegetation water content for corn and soybeans with a normalized difference water index (NDWI) using Landsat Thematic Mapper data. IGARSS 2003. IEEE - International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Proceedings (IEEE Cat. No.03CH37477), 4(C): 2853–2856. <http://doi.org/10.1109/IGARSS.2003.1294609>
- Cole EM, Bustamante MR, Almeida-Reinoso D & Funk WC. 2014. Spatial and temporal variation in population dynamics of Andean frogs: Effects of forest

disturbance and evidence for declines. *Global Ecology and Conservation* 1: 1–11.

<http://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.06.002>

Coster SS, Babbitt KJ, Cooper A & Kovach AI. 2015. Limited influence of local and landscape factors on finescale gene flow in two pond-breeding amphibians. *Molecular Ecology* 24(4): 742–758. <http://doi.org/10.1111/mec.13062>

Eisemberg CC & Bertoluci J. 2016. Fluctuating asymmetry in populations of the South American frog *Physalaemus cuvieri* (Leptodactylidae) in areas with different degrees of disturbance. *Journal of Natural History* 50(23-24): 1503–1511.

<http://doi.org/10.1080/00222933.2015.1130871>

Gibbs JP & Reed JM. 2008. Population and genetic linkages of vernal pool-associated amphibians. In: *Science and Conservation of Vernal Pools in Northeastern North America*; CRC Press: Boston, MA, USA.

Grasser CN & Smith GR. 2014. Effects of cover board age, season, and habitat on the observed abundance of Eastern Red-Backed salamanders (*Plethodon cinereus*). *The Journal of North American Herpetology* 1: 53–58.

Green DM. 2003. The ecology of extinction: Population fluctuation and decline in amphibians. *Biological Conservation* 111: 331–343. [http://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00302-6](http://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00302-6)

Gu Y, Brown JF, Verdin JP & Wardlow B. 2007. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters* 34(6): 1–6. <http://doi.org/10.1029/2006GL029127>

Halliday TR. 2008. Why amphibians are important. *International Zoo Yearbook*, 42(1): 7–14. <http://doi.org/10.1111/j.1748-1090.2007.00037.x>

Hossack BR, Adams MJ, Pearl CA, Wilson KW, Bull EL, Lohr K, Patla D, Pilliod DS, Jones JM, Wheller KK, McKay SP & Corn PS. 2013. Roles of Patch Characteristics, Drought Frequency, and Restoration in Long-Term Trends of a Widespread Amphibian. *Conservation Biology* 27(00): 1410–1420. <http://doi.org/10.1111/cobi.12119>

Kopp K & Eterovick PC. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History* 40(29-31): 1813–1830. <http://doi.org/10.1080/00222930601017403>

Kwet A, Reichle S, Aquino L, Silvano D, Lavilla E & Di Tada I. 2010. *Physalaemus biligonigerus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010:e.T57242A11607776. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20102.RLTS.T57242A11607776.en>. Downloaded on 25 November 2015.

Loyola RD, Lemes P, Brum FT, Provete DB & Duarte LDS. 2014. Clade-specific consequences of climate change to amphibians in Atlantic Forest protected areas. *Ecography* 37(1), 65–72. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00396.x>

Marsh DM. 2000. Variable responses to rainfall by breeding Tungara Frogs. *Copeia*, 4(4): 1104–1108. [http://doi.org/10.1643/0045-8511\(2000\)000\[1104:VRTRBB\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1643/0045-8511(2000)000[1104:VRTRBB]2.0.CO;2)

McFeeters SK. 1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing* 17: 1425-1432.

Mims MC, Phillipson IC, Lytle DA, Kirk EEH & Olden JD. 2014. Ecological strategies predict associations between aquatic and genetic connectivity for dryland amphibians. *Ecology* 96: 1371-1382.

Nunes AP, Tomas WM & Ticianeli FAT. 2005. Aves da Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS. *Embrapa Pantanal (Documentos/ Embrapa Pantanal, ISSN 1517-1973; 81), 34p.*

Oliveira EG, Haddad CFB. 2015. Diet Seasonality and Feeding Preferences of *Brachycephalus pitanga* (Anura: Brachycephalidae). *Journal of Herpetology* 49(2): 252–256. <http://doi.org/10.1670/13-211>

Otto CRV & Roloff GJ. 2011. Using multiple methods to assess detection probabilities of forest-floor wildlife. *Journal of Wildlife Management* 75: 423- 431.

Palacios-Orueta A, Khanna S, Litago J, Whiting ML & Ustin SL. 2005. Assessment of NDVI and NDWI spectral indices using MODIS time series analysis and development of a new spectral index based on MODIS shortwave infrared bands. 1<sup>st</sup> International

- Conference of Remote Sensing and Geoinformation Processing, Trier, Germany.  
<http://doi.org/10.13140/2.1.1305.4400>
- Ratter JA, Pott A, Pott VJ, Cunha CN & Haridasan M. 1988. Observations on wood vegetation types in the Pantanal and at Corumbá, Brazil. *Notes RGB Edin* 45: 503-525
- Rodrigues D, Uetanabaro M & Lopes F. 2004. Reproductive strategies of *Physalaemus nattereri* (Steindachner, 1863) and *P. albonotatus* (Steindachner, 1862) at Serra da Bodoquena, State of Mato Grosso. *Revista Espanhola Herpetologia* 63–73. Retrieved from [http://www.nebam.com.br/Artigos\\_Domingos/Reproductive Strategies.pdf](http://www.nebam.com.br/Artigos_Domingos/Reproductive%20Strategies.pdf)
- Roznik EA & Johnson SA. 2009. Canopy Closure and Emigration by Juvenile Gopher Frogs. *The Journal of Wildlife Management* 73(2): 260–268.  
<http://doi.org/10.2193/2007-493>
- Ryan M, Scott N, Cook J & Willink B. 2015. Too wet for frogs: changes in a tropical leaf litter community coincide with La Niña. *Ecosphere* 6(1): 1-10.  
<http://doi.org/10.1890/ES14-00352.1>
- Sangermano F, Bol L, Galvis P, Gullison RE, Hardner J & Ross GS. 2015. Habitat suitability and protection status of four species of amphibians in the Dominican Republic. *Applied Geography* 63: 55-65.  
<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.06.002>
- Scheele BC, Hunter DA, Grogan LF, Berger L, Kolby JE, Mcfadden MS, Marantelli G, Skerratt LF & Driscoll DA. 2014. Interventions for Reducing Extinction Risk in Chytridiomycosis-Threatened Amphibians. *Conservation Biology* 28(5): 1195–1205.  
<http://doi.org/10.1111/cobi.12322>
- Scherer RD, Muths E & Noon BR. 2012. The importance of local and landscape-scale processes to the occupancy of wetlands by pond-breeding amphibians. *Population Ecology*, 54: 487-498. doi10.1007/s!O144-012-0324-7
- Schwerdtfeger J, da Silveira S, Zeilhofe P & Weiler M. 2015. Coupled Ground- and Space-Based Assessment of Regional Inundation Dynamics to Assess Impact of Local and Upstream Changes on Evaporation in Tropical Wetlands. *Remote Sensing* 7(8): 9769–9795. <http://doi.org/10.3390/rs70809769>

Semlitsch RD & Bodie JR. 2003. Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles. *Conservation Biology* 17(5): 1219–1228.

Soriano BMA & Alves MJM. 2005. Boletim agrometeorológico ano 2002 para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Corumbá: Embrapa Pantanal 28p (Embrapa Pantanal, Documentos 76).

Terra JS. 2012. Influência de fatores ambientais e espaciais nas comunidades de anfíbios e répteis da Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS (dissertação). Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 55pp.

Vasudevan K, Kumar A & Chellam R. 2001. Structure and composition of rainforest floor amphibian communities in Kalakad-Mundanthurai Tiger Reserve. *Current Science* 80(3): 406–412.

Warren MS. 2013. Desagregação espacial de estimativas de evapotranspiração real obtidas a partir do sensor MODIS. *Revista Brasileira de Meteorologia* 28(2): 153–162. <http://doi.org/10.1590/S0102-77862013000200004>

Werner EE & Glennemeier KS. 1999. Influence of Forest Canopy Cover on the Breeding Pond Distributions of Several Amphibian Species. *Copeia* (1): 1–12.

Werner EE, Skelly DK, Relyea RA & Yurewicz KL. 2007. Amphibian species richness across environmental gradients. *Oikos* 116(10): 1697–1712. <http://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15935.x>

Wu Q, Lane C & Liu H. 2014. An effective method for detecting potential woodland vernal pools using high-resolution LiDAR data and aerial imagery. *Remote Sensing* 6(11): 11444–11467. <http://doi.org/10.3390/rs6111444>

Xavier AL & Napoli MF. 2011. Contribution of environmental variables to anuran community structure in the Caatinga Domain of Brazil. *Phyllomedusa* 10(1): 45–64.

Zina J. 2006. Communal nests in *Physalaemus pustulosus* (Amphibia: Leptodactylidae): experimental evidence for female oviposition preferences and protection against

desiccation. *Amphibia-Reptilia*, 27(1): 148–150.

<http://doi.org/10.1163/156853806776052092>