



Museu Paraense Emílio Goeldi
Universidade Federal do Pará
Programa de Pós Graduação em Zoologia

**INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA DIVERSIDADE E MODOS
REPRODUTIVOS DE ANUROS EM ÁREA DE FLORESTA DE TRANSIÇÃO,
MATO GROSSO**

YOUSZEF OLIVEIRA DA CUNHA BITAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Curso de Mestrado, da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Zoologia.

Orientadora: Dra Maria Cristina dos Santos Costa

BELÉM-PA

2010

YOUSZEF OLIVEIRA DA CUNHA BITAR

**INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA DIVERSIDADE E MODOS
REPRODUTIVOS DE ANUROS EM ÁREA DE FLORESTA DE TRANSIÇÃO,
MATO GROSSO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Curso de Mestrado, da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Zoologia.

Orientadora: Dra Maria Cristina dos Santos Costa

BELÉM-PA

2010

DEDICATÓRIA

**Dedico este trabalho aos meus Pais,
Idalice e Miguel, pelo carinho e
apoio incondicional em todos os momentos**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe, Idalice Oliveira da Cunha, pois ela é a responsável por todo e qualquer tipo de apoio que eu tenha precisado durante a minha vida acadêmica ou social, pois foi a ela que eu recorri em momentos difíceis, ela estava ao meu lado como o mais fiel dos amigos.

Ao meu Pai, pelos conselhos, conversas e incentivos constantes nos momentos difíceis dessa estrada, sua experiência me mostrou muitos caminhos e um mundo de possibilidades que estavam a minha frente. É bom saber que posso contar contigo, sempre!

Minha Orientadora Dra. Maria Cristina dos Santos Costa (Kita), sem ela a herpetologia teria ficado só na vontade. Acreditou na minha capacidade profissional e me deu um voto de credibilidade. As broncas, conselhos, exigências, orientação e dedicação me fizeram crescer muito, não só profissionalmente. Estava ao meu lado dando todo tipo de força, fazendo de tudo para que eu pudesse ter as melhores condições possíveis para trabalhar melhor. Saiba que minha carreira só pôde ser iniciada graças a ti. Obrigado pela orientação, confiança e amizade!

Oswaldo de Carvalho Jr. e Wanderley Silva em nome do IPAM (Instituto de Pesquisas Ambientais Amazônicas) pela infra-estrutura e auxílio logístico cedido para as coletas de campo.

Aos grandes amigos que fiz durante o difícil período de coleta, e que sem a ajuda e dedicação deles este trabalho não seria possível, Msc. Pedro Abe, Oswaldo e Adriano Portela, Aderlan Pedroso (Bibal), Joelson Serrão (Donga), Darlison, Sandro, Ébis, Sebastião e Dona Lúcia.

Aos meus amigos de laboratório e profissão, Jaime, Pedro, Luiz Paulo, Tiago, Fernanda, Natália, Kleiton e Aline. Aos outros com quem convivi e de uma maneira ou de outra exerceram influência nas minhas escolhas.

Ao Dr. Marinus Hoogmoed pela ajuda na identificação dos espécimes. Ao Dr. Selvino Neckel e Leandro Juen pelas inestimáveis ajudas estatísticas.

A minha namorada Leandra Pinheiro (Branquinha), comigo em todos os momentos, me mostrou que eu posso sempre chegar mais longe, basta querer. Ajudou-me nesse trabalho de todas as maneiras possíveis e imagináveis. Devo a ela não só gratidão afetiva como namorada, mas também como parceira.

Ao Programa de pós-graduação em zoologia em convênio entre Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi.

A CAPES e ao CNPq pela bolsa concedida e ao PPG7 pelo financiamento de parte dos trabalhos de campo.

Obrigado a todos que infelizmente não foram aqui citados, mas que me ajudaram de alguma forma.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	3
AGRADECIMENTOS.....	4
INTRODUÇÃO GERAL.....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
CAPÍTULO 1 - ANURAN SPECIES COMPOSITION AND THEIR REPRODUCTIVE MODES IN TRANSITIONAL AMAZONIAN FOREST, BRAZIL.....	19
ABSTRACT.....	19
INTRODUCTION.....	20
STUDY AREA AND METHODS.....	22
RESULTS.....	24
DISCUSSION.....	26
ACKNOWLEDGEMENTS.....	30
REFERENCES.....	30
LISTA DE FIGURAS E TABELAS.....	37
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO E DIVERSIDADE DE ANUROS EM FLORESTA DE TRANSIÇÃO NA AMAZÔNIA MERIDIONAL.....	43

RESUMO.....	44
LISTA DE ABREVIACÕES.....	45
INTRODUAO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
Área de estudo.....	48
Desenho amostral.....	49
Caracterizao dos Ambientes.....	50
Variáveis ambientais.....	51
Análise estatística.....	52
RESULTADOS.....	53
DISCUSSÃO.....	55
AGRADECIMENTOS.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
LISTA DE FIGURAS E TABELAS.....	70
ANEXO 1.....	76

INTRODUÇÃO GERAL

A distribuição e diversidade dos anuros sofrem influência tanto de fatores históricos quanto ecológicos, porém, muito se discute sobre qual seria o maior responsável pelos padrões observados no contexto atual, principalmente na região Neotropical (Duellman 1988, 1989; Hödl 1990; Allmon 1991; Zimmerman e Simberloff 1996; Tuomisto e Ruokolainen 1997; Ron 2000).

Alguns autores sugerem que a distribuição das espécies neotropicais foi fortemente influenciada pela localização dos centros de origem de taxa e subsequentes eventos de dispersão e vicariância, tais como o surgimento de barreiras, a exemplo dos grandes rios e formações montanhosas (Savage 1982; Vanzolini e Heyer 1985; Duellman 1988, 1990; Tuomisto e Ruokolainen 1997). Porém, essas características históricas são mais apropriadas para explicar padrões em escalas continentais ou regionais.

De acordo com Haffer (1969), a redução e isolamento de áreas florestadas Amazônicas durante o Pleistoceno e a posterior expansão dessas áreas levaram ao aumento da diversidade e endemismo de aves e resultaram no surgimento das chamadas áreas de endemismos. Estudos posteriores sobre a distribuição de anfíbios (Lynch 1979; Duellman 1982) mostraram congruências entre esse grupo e a hipótese de refúgios de Haffer (1969). Mais recentemente, Ron (2000) compilou dados da distribuição de 335 espécies de anuros Amazônicos e comparou com a distribuição de lagartos (Ávila-Pires 1995) e primatas (Silva e Oren 1996), encontrando forte similaridade na distribuição desses três grupos com as áreas de endemismo propostas inicialmente para aves.

Em escalas locais onde provavelmente toda a comunidade sofreu os mesmos processos históricos, a distribuição e a diversidade das espécies podem estar associadas

a fatores ecológicos (Tuomisto e Ruokolainen 1997). A limitada habilidade de dispersão (Sinsch 1990), a dependência da maioria das espécies de ambientes aquáticos para reprodução, e de ambientes terrestres para forrageio e migração, faz dos anfíbios um grupo adequado a estudos ecológicos nessa escala (Stebbins e Cohen 1995; Zug *et al.* 2001).

Diversos fatores podem influenciar as comunidades de anfíbios (Pearman 1997), dentre os quais podemos destacar: temperatura e umidade relativa do ar (Crump 1971; Vonesh 2001; Haddad e Prado 2005), disponibilidade de corpos d'água (Zimmerman e Bierregaard 1986), estrutura da vegetação (Crump 1971; Halverson *et al.* 2003; Souza *et al.* 2008) e volume ou profundidade de serrapilheira (Giaretta *et al.* 1999).

A maioria das espécies de anfíbios possui exigências por ambientes úmidos e temperaturas amenas (Crump 1971; Vonesh 2001; Haddad e Prado 2005), e também apresentam forte dependência de água em algum momento de suas etapas reprodutivas (deposição dos ovos, desenvolvimento dos ovos ou girinos). Essas características fazem com que a presença de corpos d'água, permanentes ou temporários, juntamente com umidade e temperatura, sejam os principais fatores ambientais influenciando a distribuição e diversidade de anuros na região Neotropical (Zimmerman e Bierregaard 1986).

A estrutura da cobertura vegetal, por exemplo, influencia diretamente a temperatura da água, a intensidade luminosa e a umidade, fatores que quando alterados em determinado ambiente podem resultar em declínio na diversidade local de anuros (Bellis 1962; Crump 1971; Pough *et al.* 1977; Pearman 1997; Halverson *et al.* 2003; Felix *et al.* 2004; Moraes *et al.* 2007; Souza *et al.* 2008). Ambientes com alterações antrópicas em geral são caracterizados por vegetação mais esparsa e estão sujeitos a

maior exposição solar, menor umidade e temperaturas mais elevadas quando comparados a áreas com vegetação alta, densa e dossel fechado (Sexton *et al.* 1964; Crump 1971; Inger e Colwell 1977; Pough *et al.* 1977). Além da manutenção dessas variáveis ambientais, a estrutura da vegetação também é responsável por prover abrigo e variedade de microhabitats para as espécies (Crump 1971; Zimmerman e Bierregaard 1986; Souza *et al.* 2008). Em ambiente florestado no Acre, observou-se que a riqueza e abundância de anuros estão positivamente associadas à abundância e circunferência de árvores (Souza *et al.* 2008). Outros fatores como a cobertura do solo, profundidade da camada e a massa seca de serrapilheira e a densidade de troncos no solo, apresentaram influência positiva na abundância de anuros de serrapilheira no sudeste do Brasil (Giaretta *et al.* 1999).

Mais que limitar as espécies pelas suas necessidades fisiológicas, comportamentais ou uso de microhabitats, fatores ambientais também restringem a distribuição e diversidade dos anuros em relação as suas exigências reprodutivas (Duellman 1989). Anfíbios anuros apresentam uma das maiores diversidades de modos reprodutivos observada para os vertebrados (Duellman e Trueb 1986). Nas comunidades de anuros neotropicais isso se deve à existência de espécies que apresentam modos reprodutivos basais, ou seja, com desovas na água, e espécies com características reprodutivas derivadas que possuem maior independência reprodutiva da água (Duellman e Trueb 1986). De modo geral, existe uma tendência para que anfíbios anuros se tornem menos dependentes do ambiente aquático para se reproduzir, principalmente nas espécies tipicamente florestais. A independência total da água pode ser observada nos grupos mais especializados, como as espécies do gênero *Pristimantis*, que apresentam desenvolvimento direto das larvas (Salthe e Duellman 1973; Duellman e Trueb 1986; Duellman 1989; Hödl 1990). Menos de 50% das espécies Amazônicas

possuem desenvolvimento inteiramente aquático, onde provavelmente a alta pluviosidade, umidade e temperatura elevadas, influenciaram na grande diversificação dos modos reprodutivos na floresta Amazônica (Hödl 1990).

A Amazônia possui alta diversidade de anuros, com registro de 221 espécies apenas para a Amazônia Brasileira, das quais 196 são endêmicas deste bioma (Ávila-Pires *et al.* 2007). Essa diversidade, associada à complexidade de ambientes, reflete diretamente sobre os modos reprodutivos dos anuros. Atualmente são descritos para a Amazônia 22 diferentes modos reprodutivos (Hödl 1990; Haddad e Prado 2005) dos 39 conhecidos mundialmente (Duellman e Trueb 1986; Haddad e Prado 2005). A região amazônica consiste em um conjunto de ambientes com grande heterogeneidade de condições ecológicas (Tuomisto e Ruokolainen 1997), assim, espera-se que em diferentes tipos de hábitat existam espécies com diferentes características e modos reprodutivos adaptados a esses ambientes (Duellman e Trueb 1986; Duellman 1989; Hödl 1990; Pombal Jr e Haddad 2007).

Apesar dessa grande heterogeneidade de ambientes, o conhecimento sobre a fauna de anfíbios amazônicos concentra-se em áreas de floresta de terra-firme e de várzea (e.g. Crump 1971; Zimmerman e Rodrigues 1990; Souza *et al.* 2008), enquanto que existem poucos trabalhos sobre comunidades de anuros em ambientes abertos nesta região. Por exemplo, Neckel-Oliveira *et al.* (2000) estudaram a anurofauna nas margens do Rio Tapajós em área de savana amazônica no oeste do Pará, e constataram que somente uma espécie possuía oviposição terrestre no local, e que provavelmente, a falta de ambientes terrestres úmidos explicaria a ausência de mais espécies com modo reprodutivo semelhante.

Por outro lado, áreas originalmente florestadas estão sendo desmatadas e convertidas em um mosaico de hábitats alterados e em remanescentes isolados,

consequência direta de atividades desenvolvidas pelo homem (Silva *et al.* 2005). A maior parte das áreas desmatadas encontra-se ao longo da região de maior pressão antrópica na Amazônia, o denominado “Arco do Desflorestamento”, cuja constante expansão se dá em virtude, essencialmente, do avanço da fronteira agrícola (Becker 2005). Seus limites se estendem do sudeste do Maranhão, norte do Tocantins, sul do Pará, norte do Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do Estado do Acre (INPE 2005). Nas áreas supracitadas encontram-se as florestas de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, que cobrem 3,23 milhões de quilômetros quadrados, correspondendo a 4% do total de florestas remanescentes do bioma amazônico (INPE 2002). Encontram-se numa zona de transição entre a floresta ombrófila e a estacional, com precipitações anuais de 1500 mm e 3 a 7 meses de período seco (Ivanauskas 2002), o que pode ser um fator limitante para a ocorrência de muitas espécies florais características de Floresta Ombrófila (Prance 1990). De maneira geral, a flora nessa região possui baixa diversidade e suas árvores possuem dossel mais baixo quando comparadas a outros locais da Amazônia (Ivanauskas *et al.* 2004).

As florestas de transição constituem uma área de alta tensão ecológica, situação determinada por processos históricos de contração e expansão dos ecossistemas brasileiros (Ab’Sáber 1977). Pelo fato deste ambiente ainda possuir suas características ecológicas pouco conhecidas ou entendidas, e pela crescente pressão sobre suas áreas florestadas, torna-se fundamental entendermos quais as características das espécies que habitam este tipo de ambiente, suas relações com os fatores ambientais e suas especificidades reprodutivas.

Partindo-se do princípio que a composição, riqueza e abundância de anuros estão diretamente relacionadas com fatores ambientais e que as características reprodutivas variam entre os diferentes ambientes, espera-se encontrar na área de estudo mais

espécies com reprodução total ou parcialmente independente de corpos d'água em ambientes florestados, cujas espécies são mais sensíveis à baixa umidade e elevadas temperaturas (Duellman 1989). Enquanto que, em áreas abertas, espera-se encontrar espécies com desenvolvimento embrionário aquático ou que depositam seus ovos em ninhos de espumas para evitar dessecação (Hödl 1990).

Assim, esta dissertação foi dividida em dois capítulos, formatados de acordo com as normas das revistas ao qual deverão ser submetidos. O primeiro capítulo intitulado “Anuran species composition and their reproductive modes in transitional Amazonian forest, Brazil” discutirá a composição da anurofauna de uma área de floresta de transição Amazônia-Cerrado, na fazenda Tanguro, Mato Grosso, considerando principalmente a diversidade de modos reprodutivos dessa comunidade nos diferentes ambientes presentes nessa área. Esse capítulo segue nas normas da revista “Journal of natural history”, onde já encontra-se submetido e com os referidos autores.

No segundo capítulo, intitulado “Influência de fatores ambientais na distribuição e diversidade de anuros em floresta de transição na Amazônia meridional”, trata de um estudo sobre a influência de fatores ambientais sobre a diversidade e a composição quantitativa e qualitativa das espécies em cinco diferentes ambientes encontrados na área de estudo (Mata Ciliar Preservada, Mata Ciliar Alterada, Margem do rio Tanguro, Seringal e Área Desmatada). Esse capítulo está formatado de acordo com as normas da revista “Biodiversity and Conservation”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'Sáber AN (1977) Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas* 3:1-18

- Allmon WD (1991) A plot study of forest floor litter frog, Central Amazon, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7: 503-522
- Ávila-Pires TCS (1995) Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). Leiden: Zoologische Verhandelingen Nationaal Natuurhistorisch Museum. 706p
- Ávila-Pires TCS, Hoogmoed MS, Vitt LJ (2007) Herpetofauna da Amazônia. In: Nascimento LB, Oliveira ME (eds) *Herpetologia no Brasil II*. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, p13-43
- Becker B (2005) Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados* 19(53): 71-86
- Bellis ED (1962) The influence of humidity on wood frog activity. *Am Midl Nat* 68(1): 139-148
- Crump M (1971) Quantitative analysis of the ecological distribution of a tropical herpetofauna. *Occasional Papers of the Museum of Natural History of the University of Kansas* 3:1-62
- Duellman WE (1982) Quaternary climatic-ecological fluctuations in the lowland tropics: frogs and forests. In: Prance GT (ed) *Biological diversification in the tropics*. New York: Columbia University Press 389-402
- Duellman WE (1988) Patterns of species diversity in anuran amphibians in the American tropics. *Ann Missouri Bot Gard* 75:79-104
- Duellman WE (1989) Alternative life-history styles in anuran amphibians: Evolutionary and ecological implications. In: Bruton MN (ed) *Alternative Life-History Styles of Animals*. Dordrecht (The Netherlands). Kluwer Academic. pp 102-126
- Duellman WE (1990) Herpetofaunas in Neotropical rainforests: comparative composition, history, and resource use. In: Gentry AH (ed) *Four Neotropical rain forests*. New Haven: Yale University Press, 455-505

- Duellman WE, Trueb L (1986) *Biology of Amphibians*. McGraw- Hill Book Company, New York
- Felix ZI, Wang Y, Schweitzer CJ (2004) Relationships between herpetofaunal community structure and varying levels of overstory tree retention in northern Alabama: first-year results. In: Connor KF (ed) *Proceedings of the 12th biennial southern silvicultural research conference*. Gen Tech Rep, Asheville, p7-10
- Giaretta AA, Facure KG, Sawaya RJ, Meyer JHM, Chemin N (1999) Diversity and abundance of litter frogs of a montane forest in southeastern Brazil: seasonal and altitudinal changes. *Biotropica* 31(4):669-674
- Haddad CFB, Prado CPA (2005) Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brasil, *BioScience* 55(3): 207-217
- Haffer J (1969) Speciation in Amazonian forest birds. *Science* 165: 131–137
- Halverson MA, Skelly DK, Kiesecker JM, Freidenburg LK (2003) Forest mediated light regime linked to amphibian distribution and performance. *Oecologia* 134: 360–364
- Hödl W (1990) Reproductive diversity in Amazonian lowland frogs. *Fortschritte Zool* 38:41-60
- Inger RF, Colwell RK (1977) Organization of contiguous communities of amphibians and reptiles in Thailand. *Ecological Monographs* 47: 229-253
- INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, Monitoramento da Floresta Amazônica brasileira por satélite 2000-2001. 24p (2002) Disponível em: www.inpe.br/informacoes_eventos/amz2000-2001/capa.htm. Acesso em: 19 de dezembro de 2008
- INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais. (2005) Disponível em: www.inpe.br

- Ivanauskas NM (2002) Estudo da vegetação presente na área de contato entre formações florestais em Gaúcha do Norte. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 185p
- Ivanauskas NM, Monteiro R, Rodrigues RR (2004) Estrutura de um trecho de floresta Amazônica na bacia do alto rio Xingu. *Acta Amazonica* 34 (2): 281-305
- Lynch JD (1979) The amphibians of the lowland tropical forests. In: Duellman WE (eds) *The South American herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal*. Monographs of the Museum of Natural History. Lawrence: University of Kansas, 189–215
- Moraes RA, Sawaya RJ, Barrella W (2007) Composição e diversidade de anfíbios anuros em dois ambientes de Mata Atlântica no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 7(2): 1-10
- Neckel-Oliveira S, Magnusson WE, Lima AP, Albernaz LK (2000) Diversity and distribution of frogs in an Amazonian savanna in Brazil. *Amphibia-Reptilia* 21: 317-326
- Pearman PB (1997) Correlates of Amphibian Diversity in an Altered Landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology* 11 (5): 1211–1225
- Pombal Jr JP, Haddad CFB (2007) Estratégias e modos reprodutivos em anuros. In: *Herpetologia no Brasil II*. Nascimento LB, Oliveira ME (eds) Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, p101-116
- Pough FH, Stewart MM, Thomas RG (1977) Physiological basis of habitat partitioning in Jamaican *Eleutherodactylus*. *Oecologia* 27: 285-293
- Prance GT (1990) The floristic composition of the forests of Central Amazonian Brazil. In: Gentry AH (ed). *Four Neotropical rainforests*. New Haven: Yale University Press, 112–140

- Ron SR (2000) Biogeographic area relationships of lowland Neotropical rainforest based on raw distributions of vertebrate groups. *Biological Journal of the Linnean Society* 71: 379–402
- Salthe SN, Duellman WE (1973) Quantitative constraints associated with reproductive mode in anurans. In: Vial JL (ed). *Evolutionary biology of the anurans: contemporary research on major problems*. University of Missouri Press, Columbia, p229-249
- Savage JM, (1982) The enigma of the Central American herpetofauna: dispersals or vicariance? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 464–547
- Sexton OJ, Heatwole H, Knight D (1964) Correlation of microdistribution of some panamanian reptiles and amphibians with structural organization of the habitat. *Caribbean Journal of Science* 4(1): 261-295
- Silva JM, Oren DC (1996) Application of parsimony analysis of endemism (PAE) in Amazon biogeography: an example with primates. *Biological Journal of the Linnean Society* 59: 427-437
- Silva JM, Rylands AB, Fonseca GAB (2005) O destino das áreas de endemismo na Amazônia. *Megadiversidade* 1(1): 124-131
- Souza VM, Souza MB, Morato EF (2008) Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia sul-ocidental. *Revista Brasileira de Zoologia* 25(1):49–57
- Stebbins RC, Cohen NW (1995) *A Natural History of Amphibians*. Princeton University Press, New Jersey

- Tuomisto H, Ruokolainen K (1997) The role of ecological knowledge in explaining biogeography and biodiversity in Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 6: 347-357
- Vanzolini PE, Heyer WR (1985) The American herpetofauna and the interchange. In: Steel FG, Webb SD (ed) *The great American biotic interchange*. New York: Plenum Press, 475–487
- Vonesh JR (2001) Patterns of richness and abundance in a tropical leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 33(3): 502-510
- Zimmerman BL, Bierregaard RO (1986) Relevance of the Equilibrium Theory of Island Biogeography and Species-Area relations to Conservation with a case from Amazonia. *Journal of Biogeography* 13(2): 133-143
- Zimmerman BL, Rodrigues MT (1990) Frogs, snakes and lizards of the INPA-WWF reserves near Manaus, Brazil. In: Gentry A H (ed) *Four Neotropical rainforests*. New Haven: Yale University Press, 426–454
- Zimmerman BL, Simberloff D (1996) An historical interpretation of habitat use by frogs in a Central Amazonian Forest. *Journal of Biogeography* 23: 27–46
- Zug GR, Vitt LJ, Caldwell JP (2001) *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*, 2 edn. Academic Press, San Diego

Short title: Reproduction of anurans in transitional forest

**Anuran species composition and their reproductive modes in transitional
Amazonian forest, Brazil**

Y.O.C. Bitar^a, L.P.C. Pinheiro^a, M.C. Santos-Costa^b

*^aPrograma de Pós-graduação em Zoologia (Área de Concentração em Ecologia),
Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brazil;*

*^bUniversidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Lab. Ecologia e
Zoologia de vertebrados, Belém, Pará, Brazil*

Abstract

The aim of the present study was to record the species composition and reproductive modes of an anuran community in a region of transition between the Amazonian and Cerrado biomes. The data were collected in habitats with differing degrees of anthropogenic degradation, and the 35 species identified during the study presented a number of reproductive modes larger than those of Cerrado communities, but smaller than those of other sites in the Amazon. While all nine modes were recorded in the gallery forests of local rivers and streams, anthropogenic habitats (rubber plantations and soybean fields) were occupied only by species adapted to environments with reduced humidity, typical of the Cerrado. Overall, the anuran fauna of the study area was characterized by species that depend on access to water bodies for their reproduction, with only a few specialized species able to reproduce in dry environments.

Key words: Amazonia/Cerrado, anuran community, arc of deforestation, ecotone, reproductive diversity.

1. Introduction

Amphibians have an ample geographic distribution, and present a variety of physiological, morphological, and behavioral adaptations which allow them to occupy a wide range of habitat types. Given this, they are considered to be good models for ecological and evolutionary studies (Duellman and Trueb 1986).

One of the principal characteristics of the amphibians is their wide array of reproductive modes, which are classified according to a range of variables such as oviposition site, attributes of the eggs and nests, rate and duration of larval development, and type of parental care (Salthe and Duelman 1973). The extreme vulnerability of these early life stages makes precipitation the primary extrinsic factor controlling reproduction in tropical amphibians (Duellman and Trueb 1986). In species dependent on aquatic environments for their reproduction, in addition, the availability of water bodies is one the principal factors determining their distribution and abundance (McDiarmid 1994; Zimmerman and Bierregard 1996).

Among the vertebrates, anurans present a relative diversity of reproductive strategies (Duellman and Trueb, 1986), with a total of 39 distinct modes recorded to date, 31 of which can be found in Neotropical species (Haddad and Prado 2005). This diversity, which is found primarily in humid tropical forests, has been attributed to a combination of ecological factors, such as predation pressure, high humidity levels, the availability of microhabitats, and the structural complexity of the vegetation (Duellman 1985; Hödl 1990; Magnusson and Hero 1991). Forest-dwelling species tend to be less dependent on aquatic environments for their reproduction, for example, and in some cases, may be able to reproduce in the total absence of water (Salthe and Duellman 1973; Duellman and Trueb 1986; Duellman 1985, 1989; Hödl 1990).

Amazonian anurans tend to use terrestrial habitats more than non-forest communities, and their reproductive modes are strongly associated with this type of environment, which makes these species less dependent on aquatic habitats for their reproduction than open area communities (Hödl 1990; Haddad and Prado 2005). However, in areas of more open vegetation, there is a tendency to reproduce in aquatic environments, with embryonic development occurring in the water, or in foam nests (Hödl 1990). Species that inhabit open areas with few water bodies normally have reproductive modes that are relatively resistant to dehydration (Hödl 1990; Vieira *et al.* 2009).

In environments characterized by more open vegetation and a pronounced dry period, such as the Amazonian savannas and transition areas with the Cerrado biome, the reproductive strategies of the resident anurans are poorly understood, given the paucity of studies in these areas (Neckel-Oliveira *et al.* 2000; Barbosa *et al.* 2005). Differences between environments may result in communities of different composition, with distinct reproductive adaptations (Duellman and Trueb 1986; Hödl 1990; Haddad and Prado 2005). The reproductive patterns observed in a region's anuran fauna may thus be interpreted as a response to a given alteration in the landscape, such as deforestation or habitat fragmentation.

Given these considerations, the present study focused on the anuran communities in an ecotonal region between the Amazonian and Cerrado biomes in the Brazilian state of Mato Grosso. Species composition and the diversity of reproductive modes were compared among the different environments found within the transitional forest in order to characterize the relationship between reproductive strategies and habitat.

2. Study area and Methods

The study was carried out at the Tanguro farm (12°54' S, 52°22' W), which is located in the municipality of Querência in the Brazilian state of Mato Grosso (Figure 1), in an area of transition between the Amazon and Cerrado biomes. This site is located within the “Arc of Deforestation”, at the southern rim of the Amazon basin, which suffers constant pressure from colonizing ranchers and soybean growers. The property has a total area of 82,000 hectares, of which approximately 44,000 ha are covered in primary forest or regenerating gallery forest along the headwaters of the Tanguro and Darro rivers. These are the region’s principal rivers, which are part of the upper Xingu river basin, with the Tanguro flowing directly into the Xingu, and the Darro into the Suiá-miçu river (ANA 2002).

(Insert Figure 1)

The region’s climate can be classified as tropical with a well-defined dry season, i.e., precipitation of less than 100 mm in the driest month, and mean temperature above 18°C in the coldest month (Peel *et al.* 2007). Mean annual precipitation is approximately 1900 mm, and there two, well-defined seasons, with the peak of the dry season occurring between June and September, and intense rains between December and March. The other months are considered to be transitional periods (IPAM 2007).

As a result of intense agricultural activities, Tanguro farm is made up of a varied mosaic of environments with ecologically distinct characteristics. The areas of forest are characterized by relatively low floral species diversity and reduced canopy height in comparison with typical Amazonian forest (Ivanauskas *et al.* 2004). Within the study area, the forest is mostly located within permanent reserves along watercourses, which vary in width from 30 m to more than 1 km. These reserves are located along both small streams and springs, which overflow to form small marginal pools in the rainy season

(Figure 2a), and the Tanguro river itself (figure 2b), which has steep banks where small lentic water bodies may form in the rainy season, as a result of the emersion of the water table.

Plantations of rubber trees (*Hevea brasiliensis*) for the extraction of latex are also found within the study area (Figure 2c). These plantations are characterized by the lack of undergrowth and leaf litter composed only of the detritus of *H. brasiliensis*. The property also has a large area, of approximately 38,000 ha, dedicated primarily to soybean plantations (Figure 2d), with a number of buildings, including housing, grain silos, and storage facilities, as well as unpaved roads. In the soybean plantations, the soil is subject to constant modification, from planting to harvesting, in addition to plowing and the application of pesticides and herbicides. In both types of plantation, all water bodies are temporary, and are formed by the accumulation of rainwater, with no marginal vegetation (Figures 2c and 2d).

Data were collected between March, 2006, and February, 2009, during seven excursions. The sites were selected according to the presence of temporary water bodies, representing all the different environments present within the study area (gallery forests of springs and streams, margins of the Tanguro river, rubber plantations, and open areas).

The first five excursions lasted an average of 30 days, and were conducted between March, 2006, and July, 2008, in four forest reserves centered on perennial watercourses. Specimens were captured by active searching and in pitfall traps, which consisted of five 60-liter buckets set in lines of 40 m. Three traps were set in each forest reserve. During the two final excursions, which lasted about 45 days, active searches were based on both visual and auditory cues (during nocturnal sampling), and were conducted in 54 half-hectare plots distributed among the four principal environments

identified within the study area (gallery forest, rubber plantation, margin of the Tanguro river, and areas cleared for soybean plantations). The species inventory was supplemented by specimens encountered in other parts of the study area, such as the base camp, roadsides, and dams.

(Insert Figure 2)

The reproductive mode of each species was classified according to the scheme proposed by Haddad and Prado (2005) – see Table 1 – complemented by observations in the field. Additional information on the reproductive strategies of the species was obtained from Heyer (1969, 1974), Duellman (1985), Hödl (1990), Hero (1990), Zimmerman and Simberloff (1996), Eterovick and Sazima (2000), Prado *et al.* (2002), Kokubum and Giaretta (2005), Prado *et al.* (2005), Pombal and Haddad (2005, 2007), and Silva and Giaretta (2008, 2009). Some of the species identified in this study, in particular those with an ample geographic distribution (e.g. *Leptodactylus andreae*, *Pristimantis aff. fenestratus* and *Rhaebo guttatus*), may represent members of a complex of taxa. Given this, the identification of the reproductive mode of these species was based on observations of their behavior in the field and, when the mode had not been recorded previously, it was classified according to that of similar species from the same taxonomic group.

(Insert Table 1)

3. Results

A total of 35 anuran species were recorded in the study area, with nine different reproductive modes (modes 1, 2, 4, 11, 13, 23, 24, 30, and 32: Table 1). The families Hylidae and Leptodactylidae were the best represented in terms of the number of species (15 and 9, respectively), and also the variety of reproductive modes, each with

four (Table 2). All other families, except the Leiuperidae (n=2), presented only a single reproductive mode.

(Insert Table 2)

The use of lentic water bodies (mode 1) for oviposition and tadpole development was recorded in 51.4% of the species (Table 3), all of which belonged to the families Hylidae, Bufonidae, Microhylidae or Leiuperidae. Mode 11 – oviposition in aquatic foam nests – was the second most common (11.4%), and was found in *Leptodactylus lineatus*, and all the members of the Leiuperidae, with the exception of *Pseudopaludicola mystacalis*, which presented mode 1. Three species of leptodactylids (8.6%) presented mode 30, with subterranean nests and aquatic tadpoles, while three others deposited their eggs in aquatic habitats (mode 13). The remaining mode were represented by only one (modes 4, 23, and 24) or two species (modes 2 and 32).

A total of 28 species with nine reproductive modes were recorded in gallery forest, where species of the families Hylidae and Leptodactylidae presented the greatest reproductive diversity, each with four modes (44.4%). Most of the species observed in gallery forest (71.4%, n = 20) had more specific reproductive habitat preferences, and were restricted to these environments (Table 3). These species included *Pristimantis aff. fenestratus* (mode 23), *Leptodactylus pentadactylus* (mode 32), *L. cf. andreae* (mode 32), *Phyllomedusa vaillantii* (mode 24), and *Hypsiboas boans* (mode 4).

In the rubber plantation and open areas, 15 species were recorded (no significant difference was found between these two environments), seven of which were exclusive to these habitats (Table 3). The families Hylidae and Leptodactylidae were each represented by four species, the Bufonidae and Leiuperidae by three, and the Microhylidae by just one. Reproductive mode 1 was the most common, being recorded in eight species (53%). This mode, and the others recorded in these environments (11,

13, and 30) require water bodies, and are well adapted to the unpredictability of precipitation patterns and temporary pools.

(Insert Table 3)

4. Discussion

The anuran fauna of the Tanguro farm was characterized by reproductive modes typical of forest habitats (modes 23, 24, and 32), as well as those characteristic of open areas, representing adaptations for reduced precipitation and humidity, high temperatures, and limited access to water, such as modes 1, 11, and 30. The presence of reproductive modes with distinct characteristics in different habitats may be the result of the coexistence within the study area of species from the two biomes. Whereas *Phyllomedusa vaillantii*, *Pristimantis aff. fenestratus*, *Leptodactylus paraensis* and *Hypsiboas boans* are typically distributed on the Amazon forest, for example, and *H. albopunctatus*, *Physalaemus cuvieri*, *P. centralis*, *Eupemphix nattereri* and *Scinax fuscovarius* are typical of the Cerrado. This finding also reinforces the classification of the area as part of the transitional forest formation between these biomes (IBGE 2005). The occurrence of syntopy between these species may be further reinforced by the diversity of habitats found within the study area, which would favor species with different ecological requirements.

The diversity of reproductive modes recorded at the study site also reflects an intermediate pattern between that of the Amazon forest and the Cerrado. Amazonian rainforest sites tend to be relatively diverse, with twelve reproductive modes being recorded at both the Adolpho Ducke Forest Reserve in the Brazilian state of Amazonas (Lima *et al.* 2006) and Serra do Divisor, in Acre (Souza 2002). In the Cerrado, by contrast, only four modes were recorded at Rio Claro, São Paulo (Toledo *et al.* 2003),

six at Serra do Cipó, in Minas Gerais (Eterovick and Sazima 2004), and seven in Silvânia, Goiás (Bastos *et al.* 2003).

The occurrence of a given reproductive mode in different areas may be related to environmental factors, rather than just the similarity in species composition. This is because any resemblance in species composition does not necessarily reflect similarities in a region's reproductive diversity. For example, in the Caatinga, Vieira *et al.* (2009) recorded few of the species observed in the present study, but identified seven of the reproductive modes encountered here. By contrast, studies in Cerrado-dominated vegetation in Rondônia recorded a species composition similar to that of the present study, but once again, only seven modes in common (Bernarde and Macedo 2008; Turci and Bernarde 2008). In other words, even though distinct sets of species may be present at different sites, similarities in their reproductive modes may be determined by the ecological characteristics of the site.

In the present study, the greatest diversity of reproductive modes was recorded in the Hylidae and Leptodactylidae, a pattern also observed at a number of other Neotropical sites (Zimmerman and Simberloff 1996; Haddad and Prado 2005; Vieira *et al.* 2009). The relative diversity of reproductive modes in these two families results from a combination of high species diversity, and the ecological adaptations of these species for a variety of habitats, with a clear tendency for the colonization of terrestrial environments (Duellman 1985). Morphological and reproductive adaptations allow these species to occupy habitats successfully (Haddad and Prado 2005; Pombal and Haddad 2007), as observed in the Brazilian Atlantic Forest, where the hylids presented four modes adapted for reproduction in the vegetation, and three associated with the forest floor, while leptodactylids had just three modes related to the vegetation, and 10

adapted for terrestrial environments (Haddad and Sawaya 2000; Haddad and Prado 2005).

The large number of species dependent on water for all reproductive phases (21 species with modes 1, 2 or 4) or larval development (seven species with modes 11 or 30) indicates that the local fauna is adapted primarily for habitats with sparse vegetation, unpredictable precipitation patterns, and low atmospheric humidity (Duellman 1989; Hödl 1990, Magnusson and Hero 1991; Haddad and Prado 2005; Vieira *et al.* 2009). In the present study, some reproductive modes – the most specialized and dependent on specific habitat types – were recorded only in gallery forest with perennial water bodies, in forest-dwelling species typical of the Amazon basin (Table 3). The conditions found in the gallery forest, such as the larger number of microhabitats available for oviposition and the higher humidity, likely account for the occurrence of more specialized reproductive modes in these areas, especially those with non-aquatic oviposition (modes 24 and 32), or direct development of terrestrial eggs, i.e., mode 23 (Hödl 1990; Zimmerman and Simberloff 1996; Pearman 1997). This is because the diversity of specialized reproductive modes and modes not dependent on water tends to be greater in more humid environments and those with a greater diversity of microhabitats (Duellman 1989; Hödl 1990; Haddad and Prado 2005; Pombal and Haddad 2005).

Haddad and Prado (2005) have found that anuran species typical of the Cerrado will commonly colonize areas of Atlantic Forest following deforestation, given that these species are better adapted to more open conditions. Invasive species are more resistant to dehydration than forest-dwelling species, and tend to have either more generalist reproductive modes (1 and 2), or strategies better adapted to insolation (modes 11, 13, 30, 31, and 32). A situation of this type was recorded in the present

study, where species with reproductive modes adapted for open areas, such as *Physalaemus centralis* (mode 11), *P. cuvieri* (mode 11), *Eupemphix nattereri* (mode 11), *Scinax fuscovarius* (mode 1), *Elachistocleis ovalis* (mode 1), *Rhinella mirandaribeiroi* (mode 1), and *R. schneideri* (mode 1), were found in the rubber plantation and soybean fields. Mode 1 was the most common in these anthropogenic habitats, where it was characterized by specific adaptations related to the unpredictability of the precipitation, such as pigmented eggs, which absorb more heat and energy, and thus accelerate the development of the embryo (Crump 1974; León 1974).

Other adaptations can be observed in the members of the Leptodactylidae and Leiuperidae, which deposit their eggs in foam nests. Whatever the type of larval development, this characteristic can be considered a first step towards a more terrestrial mode of reproduction, given that the foam has a number of functions essential to success in this type of habitat, such as protection against predators (Downie 1990; Menin and Giarretta 2003), reduction of the risk of dehydration (Heyer 1969; Magnusson and Hero 1991), maintenance of the oxygen level of the eggs (Seymour and Loveridge 1994), and temperature control (Dobkin and Gettinger 1985), as well as providing a source of food for the tadpoles of some species (Tanaka and Nishihara 1987).

Overall, then, while the study area has been included in the Amazon biome (IBGE 2005), the Cerrado has a clear influence on local landscapes, and the anuran fauna is characterized by species typical of both biomes. However, while species with reproductive modes that do not depend on water are found mainly in gallery forest, a clear difference was found between habitat types, with typical Cerrado species predominating in the anthropogenic habitats, where their greater adaptability allows

them to tolerate the conditions imposed by these more open environments (Vieira *et al.* 2009). Predictably, the Amazonian species are more common in forested areas. Given this, it is clear that the preservation of areas of forest with access to water bodies and humid microhabitats, such as the gallery forests of the Tanguro, is essential for the maintenance of anuran diversity in these transitional forests of the Amazon-Cerrado ecotone.

5. Acknowledgements

The authors are grateful to Pedro Abe MSc, Osvaldo and Adriano Portela, Aderlan Pedroso (Bibal), Joelson Serrão (Donga), Darlison and Sandro for their invaluable assistance in the field, to Osvaldo Carvalho Jr. and Wanderley Silva of IPAM (Institute for Amazonian Environmental Research) for infrastructure and logistic support during fieldwork. We thank Drs. Marcelo Kokubum and Ulisses Galatti for their help with the identification of the reproductive mode in *Leptodactylus martinezi* and *Leptodactylus* gr. *Pentadactylus*, Dr. Marinus Hoogmoed for the identification and confirmation of some of the species, and Dr. Luciano Fogaça for help with the map. We are grateful to CAPES and CNPq for the grants provided, and to PPG7 for financing part of the fieldwork.

6. References

- ANA: Agencia Nacional de Águas. Bacia Amazônica [Internet]. 2002. [cited 2009 Jan 02]. Available from: <http://www.ana.gov.br/>
- Barbosa RI, Xaud HAM, Souza JMC. 2005. Savanas de Roraima: Etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrosilvopastoris. Boa Vista (RR): FEMACT.
- Bastos RP, Motta JAO, Lima LP, Guimarães LD. 2003. Anfíbios da Floresta Nacional de Silvânia, Estado de Goiás. Goiânia (GO): Stylo.

- Bernarde PS, Macedo LC. 2008. Impacto do desmatamento e formação de pastagens sobre a anurofauna de serapilheira em Rondônia. *Iheringia, Série Zoológica* 98(4):454-459.
- Crump ML. 1974. Reproductive strategies in a tropical anuran community. *Miscellaneous Publication of Museum Natural History University of Kansas* 61:1-68.
- Dobkin DS, Gettinger RD. 1985. Thermal aspects of anuran foam nests. *Journal of Herpetology* 19:271–275.
- Downie JR. 1990. Functions of the foam in foam-nesting leptodactylids: Anti-predator effects of *Physalaemus pustulosus* foam. *Herpetological Journal* 1:501-503.
- Duellman WE. 1985. Reproductive modes in anuran amphibians: phylogenetic significance of adaptive strategies. *South African Journal of Science* 81:174-178.
- Duellman WE. 1989. Alternative life-history styles in anuran amphibians: Evolutionary and ecological implications. In: Bruton MN, editor. *Alternative Life-History Styles of Animals*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p 101-126.
- Duellman WE, Trueb L. 1986. *Biology of Amphibians*. New York (NY): McGraw-Hill.
- Eterovick PC, Sazima I. 2000. Description of the tadpole of *Leptodactylus syphax*, with a comparison of morphological and ecological characters of tadpoles and adults of the species in the *Leptodactylus pentadactylus* group (Anura, Leptodactylidae). *Amphibia- Reptillia* 21:341–350.
- Eterovick PC, Sazima I. 2004. *Amphibians from the Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil*. Belo Horizonte (MG): PUC Minas.

- Haddad FB, Sawaya RJ. 2000. Reproductive modes of Atlantic Forest hyloid frogs: a general overview and description of a new mode. *Biotropica* 32(4):862-871.
- Haddad CFB, Prado CPA. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *Bioscience* 55(3):207-217.
- Hero JM. 1990. An illustrated key to tadpoles occurring in the Central Amazon rainforest, Manaus, Amazonas, Brazil. *Amazoniana* 11:201-262.
- Heyer WR. 1969. The adaptive ecology of the species groups of the genus *Leptodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae). *Evolution* 23: 421-428.
- Heyer WR. 1974. Relationships of the marmoratus species group (Amphibia, Leptodactylidae) within the subfamily Leptodactylinae. *Contributions in Science of the Natural History Museum of the Los Angeles County* 253:1-46.
- Hödl W. 1990. Reproductive diversity in Amazonian lowland frogs. *Fortschr Zool* 38:41-60.
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de biomas e mapa de vegetação do Brasil [Internet]. 2005. [cited 2009 nov 27]. Available from: <http://www.ibge.gov.br/>
- IPAM: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia [Internet]. 2007. [cited 2010 jan 10]. Available from: [http:// www.ipam.org.br/](http://www.ipam.org.br/)
- Ivanauskas NM, Monteiro R, Rodrigues RR. 2004. Estrutura de um trecho de floresta Amazônica na bacia do alto rio Xingu. *Acta Amazonica* 34 (2): 281-305.

- Kokubum MNC, Giaretta AA. 2005. Reproductive ecology and behaviour of a species of *Adenomera* (Anura, Leptodactylidae) with endotrophic tadpoles: systematic implications. *Journal of Natural History* 39:1745–1758.
- León JR. 1975. Desarrollo temprano y notas sobre la historia natural de la larva de *Hyla x-signata* (Amphibia: Hylidae). *Caribbean Journal of Science* 15(1–2):57-65.
- Lima AP, Magnusson WE, Menin M, Erdtmann LK, Rodrigues DJ, Keller C, Hödl W. 2006. Guia de sapos da reserva Adolpho Ducke. Amazônia Central. Manaus: Áttema Design Editorial.
- Magnusson WE, Hero JM. 1991. Predation and evolution of complex oviposition behaviour in Amazon rainforest frogs. *Oecologia* 86: 310-318.
- McDiarmid RW. 1994. Amphibian diversity and natural history: An overview. In: Heyer WR, Donnelly, MA, McDiarmid RW, Hayek LAC, Foster MS, editors. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Washington (DC) Smithsonian Institution Press. p 5-15.
- Menin M, Giaretta AA. 2003. Predation on foam nests of leptodactyline frogs (Anura: Leptodactylidae) by larvae of *Beckeriella niger* (Diptera: Ephydriidae). *Journal of Zoology* 26: 1-5.
- Neckel-Oliveira S, Magnusson WE, Lima AP, Albernaz LK. 2000. Diversity and distribution of frogs in an Amazonian savanna in Brazil. *Amphibia-Reptilia* 21:317-326.
- Pearman PB. 1997. Correlates of amphibians diversity in an altered landscape of Amazon Acuador. *Conservation Biology* 11:1211-1225.

- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology Earth System Science* 11:1633-1644.
- Pombal Jr JP, Haddad CFB. 2005. Estratégias e modos reprodutivos de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 45(15):201–213.
- Pombal Jr JP, Haddad CFB. 2007. Estratégias e Modos reprodutivos em Anuros. In: Nascimento LB, Oliveira ME, editors. *Herpetologia no Brasil II*. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte. p 101-116.
- Prado CPA, Uetanabaro M, Haddad CFB. 2002. Description of a new reproductive mode in *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae), with a review of the reproductive specialization toward terrestriality in the genus. *Copeia* 4:1128-1133.
- Prado CPA, Uetanabaro M, Haddad CFB. 2005. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia* 26 (2):211-221.
- Salthe SN, Duellman WE. 1973. Quantitative constraints with reproductive mode in anurans. In: Vial JL, editor. *Evolutionary biology of the anurans*. University of Missouri Press, Columbia. p 229–249.
- Seymour RS, Loveridge JP. 1994. Embryonic and larval respiration in the arboreal foam nests of the African frog *Chiromantis xerampetina*. *Journal of Experimental Biology* 197:31-46.
- Silva WR, Giaretta AA. 2008. Further notes on the natural history of the South American pepper frog, *Leptodactylus labyrinthicus* (Anura, Leptodactylidae). *Brazilian Journal of Biology* 68:403–407.

- Silva WR, Giaretta AA. 2009. On the natural history of *Leptodactylus sypfax* with comments on the evolution of reproductive features in the *L. pentadactylus* species group (Anura, Leptodactylidae). *Journal of Natural History* 43:191-203.
- Souza MB. 2002. Diversidade de anfíbios nas unidades de conservação ambiental: Reserva Extrativista do Alto Juruá (REAJ) e Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD), Acre, Brasil [Thesis]. [Rio Claro (SP)]: Universidade Estadual Paulista.
- Tanaka S, Nishihara M. 1987. Foam nest as a potential food source for anuran larvae: A preliminary experiment. *Journal of Ethology* 5:86-88.
- Toledo LF, Zina J, Haddad CFB. 2003. Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios anuros do município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Holos Environment* 3(2):136-149.
- Turci L CB, Bernarde OS. 2008. Levantamento herpetofaunístico em uma localidade no município de Coacal, Rondônia, Brasil. *Bioikos* 22(2):101-108.
- Vieira WLS, Santana GM, Arzabe C. 2009. Diversity of reproductive modes in anurans communities in the Caatinga (dryland) of northeastern Brasil. *Biodiversity and Conservation* 18:55-66.
- Zimmerman BL, Bierregaard RO. 1986. Relevance of the equilibrium theory of island biogeography and species - area relations to conservation with a case from Amazonia. *Journal of Biogeography* 13:133-143.
- Zimmerman BL, Rodrigues MT. 1990. Frogs, snakes and lizards of the INPA-WWF reserves near Manaus, Brazil. In: Gentry AH, editor. *Four Neotropical rainforests*. New Haven: Yale University Press. p 426-454.

Zimmerman BL, Simberloff D. 1996. An historical interpretation of habitat use by frogs in a Central Amazonian forest. *Journal of Biogeography* 23:27-46.

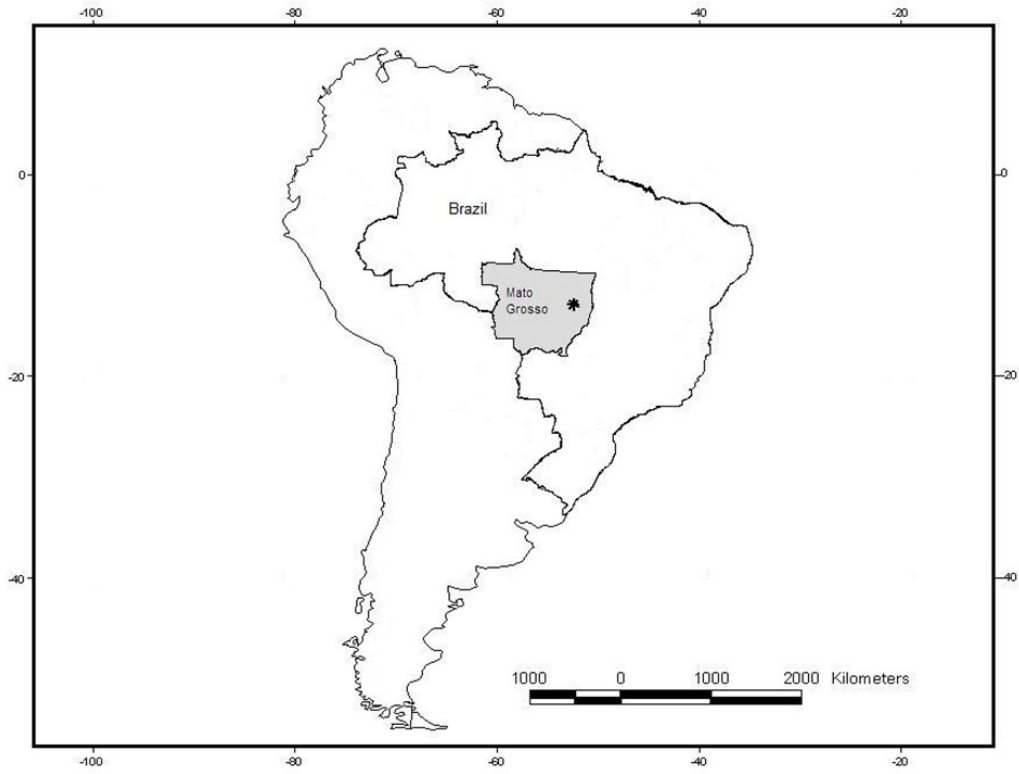


Figure 1. Location of the study area in the Brazilian state of Mato Grosso.



Figure 2. Environments encountered on the Tanguro farm, in the municipality of Querência, Mato Grosso. a = transitional habitat, with gallery forest; b = margin of the Rio Tanguro; c = rubber plantation; d = area cleared for soybean plantation.

Table 1. Description of the different reproductive modes of the anuran species recorded in the Amazon-Cerrado transition, in the Brazilian state of Mato Grosso, according to the classification proposed by Haddad and Prado (2005).

AQUATIC EGGS

Eggs deposited in water

- Mode 1 Eggs and extrophic tadpoles, which develop in lentic water.
- Mode 2 Eggs and extrophic tadpoles, which develop in lotic water.
- Mode 4 Eggs and early larval stages in natural or constructed depressions. Following flooding, extrophic tadpoles develop in ponds or streams.

Eggs in foam nest

- Mode 11 Eggs deposited in foam nest floating on ponds. Extrophic tadpoles develop in ponds.
- Mode 13 Foam nest floating on water accumulated in constructed depression. Extrophic tadpoles develop in ponds.

TERRESTRIAL OR ARBOREAL EGGS

Eggs on the ground, on rocks, or in burrows

- Mode 23 Direct development of terrestrial eggs.

Arboreal eggs

- Mode 24 Eggs in vegetation hatching into extrophic tadpoles that drop into lentic water.

Eggs in foam nest

- Mode 30 Foam nest with eggs and early larval stages in constructed subterranean nest. Following flooding, extrophic tadpoles develop in ponds.
- Mode 32 Foam nest in constructed subterranean chamber. Endotrophic tadpoles complete development in nest.
-

Table 2. Diversity of reproductive modes recorded per anuran family at the Tanguro farm in the Brazilian state of Mato Grosso.

Family	Number of genera	Number of species	Number (%) of reproductive modes
Bufo	2	4	1 (11.1)
Hyla	6	15	4 (44.4)
Leiuper	3	4	2 (22.2)
Leptodactyl	1	9	4 (44.4)
Microhyla	2	2	1 (11.1)
Strabomant	1	1	1 (11.1)
Total	15	35	9

Table 3. Anuran species recorded in the present study at the Tanguro farm in Mato Grosso, the habitats in which they were found, and their reproductive modes.

Taxon	Found in:		Reproductive mode
	Gallery forest	Open areas and rubber plantation	
BUFONIDAE			
<i>Rhaebo guttatus</i> (Schneider, 1799)		x	1
<i>Rhinella mirandaribeiroi</i> (Gallardo, 1965)		x	1
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner, 1894)	x	x	1
<i>Rhinella</i> sp.	x		1
HYLIDAE			
<i>Dendropsophus melanargyreus</i> (Cope, 1887)		x	1
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)		x	1
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)	x		1
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix, 1824)	x		1
<i>Hypsiboas boans</i> (Linnaeus, 1758)	x		4
<i>Hypsiboas cinerascens</i> (Spix, 1824)	x		2
<i>Hypsiboas geographicus</i> (Spix, 1824)	x		2
<i>Osteocephalus</i> cf. <i>taurinus</i> Steindachner, 1862	x		1
<i>Osteocephalus</i> sp.	x		1
<i>Phyllomedusa vaillantii</i> Boulenger, 1882	x		24
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (A. Lutz, 1925)	x		1
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz, 1925)	x	x	1
<i>Scinax nebulosus</i> (Spix, 1824)	x		1
<i>Scinax x-signatus</i> (Spix, 1824)	x		1
<i>Trachycephalus venulosus</i> (Laurenti, 1768)		x	1
LEIUPERIDAE			
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner, 1863	x	x	11
<i>Physalaemus centralis</i> Bokermann, 1962	x	x	11

<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826	x	x	11
<i>Pseudopaludicola mystacalis</i> (Cope, 1887)	x		1
LEPTODACTYLIDAE			
<i>Leptodactylus cf. martinezi</i> (Bokermann, 1956)	x		30
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)		x	30
<i>Leptodactylus lineatus</i> (Schneider, 1799)	x		11
<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix, 1824)	x	x	30
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix, 1824)	x	x	13
<i>Leptodactylus cf. andreae</i> Müller, 1923	x		32
<i>Leptodactylus paraensis</i> Heyer, 2005	x	x	13
<i>Leptodactylus pentadactylus</i> (Laurenti, 1768)	x		32
<i>Leptodactylus petersii</i> (Steindachner, 1864)	x		13
MICROHYLIDAE			
<i>Chiasmocleis albopunctata</i> (Boettger, 1885)	x		1
<i>Elachistocleis ovalis</i> (Schneider, 1799)		x	1
STRABOMANTIDAE			
<i>Pristimantis aff. fenestratus</i> (Steindachner, 1864)	x		23
Total (N species = 35)	28	15	9

Título curto: Distribuição espacial de anuros em um ecótono Amazônia-Cerrado

CAPÍTULO 2. INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO E DIVERSIDADE DE ANUROS EM FLORESTA DE TRANSIÇÃO NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Youszef Oliveira da Cunha Bitar

Y. O. C. Bitar (autor correspondente)

Programa de Pós graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brasil

e-mail: youszef@yahoo.com.br

RESUMO

A heterogeneidade ambiental, a umidade relativa do ar e a disponibilidade de corpos d'água são alguns dos principais fatores atuantes na distribuição e diversidade de anuros, e as variações nesses fatores devem influenciar na composição de espécies. A fim de verificar se matas ciliares antropizadas e preservadas, margem do Rio Tanguro, seringal e área desmatada distinguiam-se quanto à abundância e riqueza de espécies de anuros, 54 parcelas de 0,5 hectare foram distribuídas entre esses ambientes e amostradas por procura visual e auditiva. Os ambientes não se mostraram completamente distintos quanto à composição e abundância de anuros, e a interpretação dos dados qualitativos mostrou resultados diferentes daqueles observados com os dados quantitativos na diferenciação entre os ambientes. As variáveis ambientais umidade, temperatura, altura da serrapilheira, número de árvores, circunferência das árvores e abertura de dossel, escolhidas como preditoras da distribuição das espécies, mostraram forte correlação entre si, portanto, somente umidade e abertura de dossel foram utilizadas. A umidade não influenciou a comunidade de anuros, porém, a abertura de dossel influenciou positivamente a abundância e riqueza de espécies. As matas ciliares foram os ambientes com maior diversidade de espécies, principalmente aquelas com distribuição amazônica, enquanto que nos ambientes degradados, espécies do Cerrado bem adaptadas a áreas abertas foram predominantes, demonstrando a importância de áreas florestadas na manutenção da diversidade de espécies locais.

PALAVRAS-CHAVE Abundância - Amazônia/Cerrado - Distribuição espacial - Ecótono - Fatores ambientais - Método de parcelas.

Lista de abreviações

ANOSIM – Análise de similaridade

APP - Área de preservação permanente

CAP – Circunferência a altura do peito

DES – Área desmatada

MCA – Mata ciliar antropizada

MPC – Mata ciliar preservada

PCoA – Análise de coordenadas principais

SER – Seringal

TAN – Margem do Rio Tanguro

INTRODUÇÃO

Fatores históricos e ecológicos agem como forças reguladoras na comunidade de vertebrados, incluindo anfíbios. Em escalas locais, como no presente estudo, onde provavelmente toda a comunidade sofreu os mesmos processos históricos, a distribuição e a diversidade das espécies podem estar associadas a fatores ecológicos (Tuomisto e Ruokolainen 1997), muitos dos quais podem influenciar as comunidades de anuros (Pearman 1997). Dentre eles podemos destacar a temperatura e umidade relativa do ar (Crump 1971; Vonesh 2001; Haddad e Prado 2005), a disponibilidade de corpos d'água (Zimmerman e Bierregaard 1986), a estrutura da vegetação (Crump 1971; Halverson *et al.* 2003; Souza *et al.* 2008) e a produção de serrapilheira (Giaretta *et al.* 1999), refletindo diretamente na distribuição e abundância das espécies em diferentes fitofisionomias e biomas (Moraes *et al.* 2007).

A Amazônia consiste de um conjunto de ambientes com grande heterogeneidade e complexidade ecológica (Tuomisto e Ruokolainen 1997). Assim, espera-se que em diferentes tipos de hábitat existam espécies com características e modos reprodutivos adaptados a esses locais (Duellman e Trueb 1986; Duellman 1989; Hödl 1990; Pombal Jr e Haddad 2007). Embora os anuros possam ser encontrados em ampla variedade de ambientes, eles frequentemente estão limitados a áreas com umidade suficiente para sobreviverem e reproduzirem (Duellman e Trueb 1986; Jaeger 1990; Sinsch 1990).

O conhecimento sobre a fauna de anfíbios na Amazônia concentra-se, principalmente, em áreas de floresta de terra-firme e de várzea (e.g. Crump 1971; Zimmerman e Rodrigues 1990; Lima *et al.* 2006), enquanto que poucos trabalhos sobre comunidades de anuros foram desenvolvidos em outras fitofisionomias desse bioma (e.g. Neckel-Oliveira *et al.* 2000). Um exemplo disso são as florestas de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, que constituem uma área de alta tensão ecológica,

situação ocorrente devido a processos históricos de contração e expansão dos ecossistemas Sul-Americanos (Ab'Saber 1977). Além disso, essa região de transição Amazônia-Cerrado possui grande parte de sua extensão inserida no “Arco do desflorestamento”, que se caracteriza como a área de maior pressão antrópica na Amazônia em virtude do avanço das fronteiras agrícolas (Becker 2005). Nessa região, áreas originalmente florestadas estão sendo desmatadas e convertidas em um mosaico de habitats alterados e em remanescentes florestais isolados (Silva *et al.* 2005).

Quando as florestas são convertidas em ambientes abertos e alterados, diversas modificações podem ser sentidas pelas comunidades de anuros, por exemplo, diminuição de locais para reprodução e da disponibilidade de habitat, perda de serrapilheira, compactação do solo, alterações microclimáticas e aumento da abundância de espécies de áreas abertas (Aichinger 1991; Alves *et al.* 1999; Tapia-Coral *et al.* 1999; Vitt e Caldwell 2001), gerando condições desfavoráveis para a sobrevivência de espécies de áreas florestadas (Becker *et al.* 2007; Bernarde e Macedo 2008).

Como a Amazônia é um bioma com alta heterogeneidade ambiental (Gentry 1988; Tuomisto *et al.* 1995) e anuros respondem diretamente ao meio que habitam, o estudo de vários ambientes dentro de uma pequena região geográfica seria vantajoso para examinar diretamente os efeitos de fatores microgeográficos sobre a anurofauna (Doan e Arriaga 2002). Dessa forma, estudos comparativos da composição e diversidade de anuros entre ambientes próximos mas em diferentes estados de conservação são muito importantes, porém ainda escassos (Heinen 1992; Tocher 1998; Bernarde *et al.* 1999; Neckel-Oliveira *et al.* 2000; Moraes *et al.* 2007; Souza *et al.* 2008).

Portanto, o presente estudo objetiva verificar se existe diferença na composição e abundância de anuros entre os cinco ambientes encontrados em uma região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, e identificar as principais variáveis ambientais responsáveis por essas diferenças. Assim sendo, visamos compreender melhor os processos referentes às relações entre comunidades de anuros e seus habitats, identificando também as principais fitofisionomias responsáveis pela manutenção da diversidade local.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada na Fazenda Tanguro (12°54' S; 52°22' W), município de Querência, Mato Grosso, Brasil. Encontra-se em uma região limítrofe entre os biomas Amazônia e Cerrado, inserida em uma região de grande tensão ecológica em virtude de atividades agropecuárias ou do agronegócio, conhecida como “Arco do Desflorestamento”. O clima da região é tropical com estação seca Aw (Peel *et al.* 2007), com precipitação anual média de 1900 mm, onde o pico da seca ocorre nos meses de junho a setembro e o período de chuvas intensas começa em dezembro e se estende até meados de março, os demais meses correspondem a períodos intermediários (IPAM 2007).

A Fazenda possui 82.000 hectares, sendo 38.000 ha destinados a atividades produtivas (plantio de soja e seringueiras para extração de látex) e 44.000 ha de áreas de floresta, áreas de mata ciliar nativa e em regeneração, chamadas de “Áreas de Preservação Permanente” (APP). As APP são áreas protegidas por lei destinadas a manutenção dos recursos naturais, bem como dos cursos d’água, as quais na área de

estudo são nascentes do rio Tanguro e do Rio Darro ou Feio. Esses dois rios pertencem à bacia do alto Rio Xingu e são os principais da região, sendo o rio Tanguro o limite oeste da fazenda, desembocando diretamente no rio Xingu, enquanto que o rio Darro deságua primeiramente no rio Suiá-miçu (ANA 2002).

Desenho amostral

Foram estabelecidas 54 parcelas amostrais distribuídas em diferentes ambientes, contemplando a heterogeneidade de habitats encontrada na fazenda Tanguro. As parcelas foram dispostas de acordo com a disponibilidade de corpos d'água e ao longo de cinco ambientes distintos: 13 pontos localizados em mata ciliar preservada; 14 em mata ciliar antropizada; 7 nas margens do rio Tanguro; 9 no seringal e 10 em área desmatada (figura 1). Duas expedições foram realizadas ao longo da estação chuvosa 2008/2009 com duração de 45 dias cada (1ª: 21/10 a 07/12/2008; 2ª: 16/02 a 04/04/2009).

[Inserir figura 1]

Cada unidade amostral corresponde a uma parcela de 100x50 metros (0,5ha), distantes pelo menos 500 metros entre si, onde foi realizada procura ativa e auditiva (Zimmerman 1994; Crump e Scott 1994) nos horários entre 20:00 a 24:00h com duração média de 2 horas cada. Foi visitada uma parcela por noite, onde 3 coletores procuraram registrar todos os indivíduos adultos. Para minimizar erros na comparação da composição e abundância das espécies entre as parcelas, todas apresentavam ao menos um corpo d'água.

Caracterização dos Ambientes

Cinco diferentes ambientes foram amostrados a fim de contemplar toda a heterogeneidade ambiental da área de estudo, foram eles: mata ciliar preservada, mata ciliar antropizada, margem do rio Tanguro, seringal e área desmatada. De acordo com o conceito proposto por Ab'Saber (2001), matas ciliares consistem uma formação florestal às margens de cursos d'água, independe de sua área de ocorrência e composição florística. As parcelas no ambiente classificado como mata ciliar preservada (MCP) estão localizados a pelo menos 850 metros da área desmatada, enquanto que os pontos classificados como mata ciliar antropizada (MCA) são aqueles localizados a no máximo 35 metros da área desmatada. Nesses dois ambientes os corpos d'água são córregos e nascentes perenes que deságuam no Rio Darro ou Tanguro, e na estação chuvosa transbordam inundando parte de suas margens, formando pequenos corpos d'água lóticos e brejos.

O rio Tanguro (TAN) apresenta margens bem definidas com depressões acentuadas, e por isso não há poças secundárias formadas marginalmente quando o rio encontra-se no período cheio. Porém, em quatro das sete parcelas nesse ambiente haviam corpos d'água lânticos, formados a partir da saturação do lençol freático que acumulavam em depressões no solo. As amostragens nesse ambiente foram realizadas nas margens, onde um dos lados de 100 metros da parcela de coleta era justamente o rio. Esse ambiente também se caracteriza como uma mata ciliar (Ab'Sáber 2001), porém, como possui características muito distintas dos demais ambientes classificados como mata ciliar, foi denominado “margem do rio Tanguro”.

Nas parcelas do seringal (SER), as árvores de seringa (*Hevea brasiliensis*) estavam dispostas de forma padronizada, não possuindo nenhum sub-bosque ou outro

tipo de vegetação entre elas. Nesse ambiente os corpos d'água eram temporários decorrentes do acúmulo de água da chuva. A área desmatada (DES) foi representada por campos abertos com solo exposto sem qualquer tipo de vegetação ou serrapilheira, estas áreas são aradas e destinadas ao plantio de grãos e, as depressões construídas para escoar a água da chuva formavam poças temporárias sem vegetação marginal.

Variáveis ambientais

Em cada parcela (n=54) foram medidas as seguintes variáveis ambientais:

Temperatura (°C) e *Umidade relativa do ar (%)*: foram aferidas a aproximadamente 50 cm do solo com o uso de um termo-higrômetro digital no momento das coletas noturnas.

Altura da serrapilheira (cm): essa medida foi obtida através de um coletor de serrapilheira Marimon-Hay (Figura 2A), método desenvolvido por B.H. Marimon Junior & Jonh D. Hay/Patente PI – 0505830-9/ UNB/UNEMAT. Em cada parcela, quatro pontos não alagados foram escolhidos sistematicamente para medir a altura da serrapilheira, e o valor médio representou a altura da serrapilheira na parcela.

Abertura do dossel (%): foi utilizada a média de quatro fotos por parcela tiradas com uma câmera digital (Nikon Coolpix 950) acoplada a uma lente “olho de peixe” (Nikon fisheye converter FC-E8 0.21x) com capacidade de captação de imagem de 180° e o uso de um tripé com 50 cm de altura do solo (Figura 2B).

Circunferência à altura do peito (cm) e *Número de árvores*: duas parcelas de 10x5 metros (Figura 2C) foram sistematicamente escolhidas dentro de cada parcela, e em cada um deles o diâmetro a altura do peito (CAP) e o número de árvores e cipós nascidos no seu interior com mais de cinco centímetros de CAP foi medido, caracterizando a estrutura da vegetação.

[Inserir figura 2]

Análise estatística

Foi usado o estimador não paramétrico, Jackknife, para estimar a riqueza das espécies da área de estudo e em cada um dos cinco ambientes avaliados. Essa técnica produz uma estimativa mais aproximada da riqueza de espécies de uma comunidade (Krebs 1999), fornecendo ainda um intervalo de confiança que permite a realização de comparações estatísticas entre duas ou mais regiões amostradas.

Para verificar se os ambientes apresentavam diferenças na composição das espécies foi usado o teste de similaridade ANOSIM (Clark 1993). Para representar os agrupamentos formados pela análise de similaridade, diminuir a dimensionalidade dos dados e verificar a distribuição das espécies entre os ambientes, foi realizada a análise das coordenadas principais (PCoA) para obter linearidade e ortogonalidade dos eixos de ordenação, requisitos das análises inferenciais multivariadas (Anderson e Willis 2003). As ordenações foram feitas através de dados quantitativos e dados de presença/ausência das espécies de anuros. Assim como no ANOSIM, para a construção da matriz de associação usada no PCoA foi utilizado a distância de Bray-Curtis para dados quantitativos, e a distância de Jaccard para os dados qualitativos.

Uma correlação de Spearman foi usada para avaliar a presença de multicolinearidade entre as variáveis ambientais da parcela (transformação LOG+1). Somente as variáveis umidade e abertura de dossel foram utilizadas nas análises, pois as demais apresentaram correlação superior a 35% com pelo menos uma dessas duas e foram excluídas (tabela 1). Para verificar se as variáveis influenciam a composição e abundância de anuros, duas análises de regressão múltipla multivariada foram realizadas, uma com as variáveis umidade e abertura de dossel como variáveis

independentes e os três primeiros eixos da análise de ordenação (PCoA) com os dados quantitativos como variável dependente, e outra com os três primeiros eixos do PCoA com os dados qualitativos como variável dependente. As variáveis ambientais umidade e abertura de dossel foram transformadas pelo arco-seno da raiz quadrada por se tratar de valores em porcentagem, e a normalidade e a homocedasticidade dos dados foram testadas antes da realização das análises de regressões. Os pontos que não tiveram alguma das variáveis medidas foram excluídos das análises.

[Inserir tabela 1]

RESULTADOS

Foram registrados 739 indivíduos, representados por 26 espécies (anexo 1) distribuídas em seis famílias: Bufonidae (n=2), Hylidae (n=12), Leiuperidae (n=3), Leptodactylidae (n=7), Microhylidae (n=1) e Strabomantidae (n=1). As espécies mais abundantes foram: *Hypsiboas cinerascens* (n=156), *Osteocephalus cf. taurinus* (n=156), *Leptodactylus fuscus* (n=101) e *Hypsiboas albopunctatus* (n=68) (tabela 2).

As matas ciliares preservada e antropizada apresentaram o maior número de espécies entre os ambientes amostrados (10 e 15 espécies, respectivamente), já as parcelas localizadas à margem do Rio Tanguro apresentaram menor número de espécies (n=5), enquanto no seringal e na área desmatada foram registradas oito espécies cada (tabela 2). A riqueza estimada na área de estudo com o uso do Jackknife foi de aproximadamente 37 espécies (figura 3). A estimativa para cada um dos ambientes seguiu o mesmo padrão da riqueza observada, com matas ciliares mais ricas e os demais ambientes com menor número estimado de espécies (figura 4).

[Inserir tabela 2]

No seringal e nas áreas desmatadas, áreas com alto grau de perturbação e com poças temporárias, prevaleceram espécies com distribuição tipicamente de Cerrado, como *Eupemphix nattereri*, *Physalaemus centralis*, *Rhinella schneideri* e *Scinax fuscovarius*. Nesses ambientes ocorreram três espécies exclusivas: *Dendropsophus melanargyreus*, *Elachistocleis ovalis* e *Leptodactylus fuscus*.

Nos ambientes florestados (MCA, MCP, TAN), predominaram espécies tipicamente amazônicas, como *Osteocephalus* cf. *taurinus* e *Hypsiboas cinerascens*, com 156 indivíduos cada, que assim como outras 12 espécies, ficaram restritas a esses ambientes. Além de *O. cf. taurinus*, outras nove espécies foram exclusivas das matas ciliares antropizadas e preservadas, dentre as quais podemos citar *Pristimantis fenestratus*, *Hypsiboas albopunctatus*, *Osteocephalus* sp. e *Leptodactylus paraensis*.

[Inserir figura 3]

[Inserir figura 4]

Em relação ao agrupamento dos ambientes quanto a abundância das espécies, os três primeiros eixos do PCoA capturaram 51,24% da variação dos dados (1º eixo=24.76%; 2º eixo=16.31%; 3º eixo= 9.94%), e alguns ambientes se mostraram distintos quanto a sua abundância (ANOSIM, $p < 0.01$, Global R=0,4788). Nesta análise, três agrupamentos foram formados. O primeiro é composto pelas matas ciliares antropizadas e preservadas, o segundo grupo é formado pelas áreas desmatadas e o seringal, já que não houve distinção entre esses ambientes, enquanto que a margem do rio Tanguro se apresentou distinta dos demais ambientes, porém com composição de espécies mais semelhante com as matas ciliares (figura 5A).

Porém, quando a análise de agrupamentos dos ambientes foi feita levando-se em consideração somente a presença/ausência das espécies, os três primeiros eixos do PCoA capturaram 45,69% da variação observada nos dados (1º eixo=25.89%; 2º eixo=10.70%; 3º eixo=9.09%) e, ao contrário do encontrado para os dados quantitativos, a área desmatada e o seringal se mostraram ambientes distintos também entre si (ANOSIM, $p < 0.01$, Global $R = 0.4869$) (figura 5B).

[Inserir figura 5]

Dentre as variáveis ambientais não correlacionadas escolhidas como preditoras, somente a abertura de dossel influenciou positivamente a comunidade de anuros em relação aos dados quantitativos (Regressão múltipla multivariada: Abertura de dossel: Pillai-Trace = 0.507; $F_{3,36} = 12.36$ $p < 0.001$) e qualitativos (Regressão múltipla multivariada: Abertura de dossel: Pillai-Trace = 0.534; $F_{3,36} = 13.739$ $p < 0.001$) (figura 6a). A umidade do ar apresentou-se relativamente constante entre os ambientes, e não influenciou a comunidade com os dados de abundância (Regressão múltipla multivariada: Umidade do ar: Pillai-Trace = 0.098; $F_{3,36} = 1.308$ $p = 0.297$), ou de presença-ausência das espécies (Regressão múltipla multivariada: Abertura de dossel: Pillai-Trace = 0.125; $F_{3,36} = 1.718$ $p = 0.181$) (figura 6b).

[Inserir figura 6]

DISCUSSÃO

Entre as três espécies mais abundantes, *Osteocephalus cf. taurinus* e *Hypsiboas cinerascens* são espécies tipicamente florestais (Gascon 1991, 1992) bem adaptadas a distúrbios moderados. *Leptodactylus fuscus* foi freqüente e restrita ao seringal e áreas

desmatadas, ambientes com alto grau de perturbação. Essa espécie ocorre predominantemente em ambientes abertos, tais como savanas amazônicas e áreas alteradas (Reynolds *et al.* 2004). A baixa abundância de espécies como *Hypsiboas boans* pode ser reflexo da especificidade de suas estratégias reprodutivas, já que essa espécie deposita seus ovos em poças às margens de córregos (Lima *et al.* 2006) e essa espécie foi restrita às margens do Rio Tanguro. Apesar de *Leptodactylus cf. andreae* ser considerada muito comum em ambientes alterados (Tocher *et al.* 1997; Brandão 2002; Prado *et al.* 2002; Kokubum e Giaretta 2005; Souza *et al.* 2008), apenas um indivíduo de foi encontrado na Fazenda Tanguro. Essa baixa frequência pode ser em decorrência do hábito diurno/crepuscular desta espécie, enquanto as coletas no presente estudo ocorreram apenas no período noturno.

Em escala local, a maior riqueza de espécies na mata ciliar antropizada já era esperada, visto que ambientes com graus intermediários de perturbação suportam um maior número de espécies com diferentes graus de especialização (Grime 1973; Horn 1975; Connel 1978; Souza 1984; Rosenzweig 1995; Tokeshi 1999). Porém, a alta similaridade entre as matas ciliares preservadas e antropizadas quanto à abundância e riqueza de espécies podem estar relacionadas à similaridade nas características ambientais desses locais, pois a umidade e a característica dos corpos d'água, consideradas como forças reguladoras na distribuição das espécies (Duellman 1985; Zimmerman e Bierregard 1986; Duellman 1989; McDiarmid 1994), foram semelhante entre elas. Os ambientes com alta umidade, temperaturas constantes e grande disponibilidade e heterogeneidade de corpos d'água permanentes e temporários, tal como as matas ciliares, são fundamentais para a manutenção da diversidade regional, em especial àquelas espécies que estão intrinsecamente relacionadas com os ambientes

florestais (Tocher *et al.* 1997), diferenciando-os, assim, dos demais ambientes amostrados.

O seringal, Rio Tanguro e áreas desmatadas apresentaram baixa riqueza em relação às matas ciliares. Essa diferença pode estar relacionada à menor disponibilidade de corpos d'água e baixa heterogeneidade ambiental nesses locais (Crump 1971; Duellman 1978; Zimmerman e Bierregard 1986; Souza *et al.* 2008). A área do rio Tanguro apresenta poucos ambientes favoráveis para a reprodução da maioria das espécies registradas nesse estudo, que utilizam corpos d'água lânticos e temporários como sítio reprodutivo, porém, sua composição de espécies é mais semelhante a das matas ciliares que dos demais ambientes, característica provavelmente resultante da semelhança na estrutura da vegetação entre esses ambientes. Algumas espécies possuem modos reprodutivos bem adaptados à reprodução em corpos d'água lóticos, como *Hypsiboas boans* e *Hypsiboas geographicus*, e prevalecem nesse ambiente utilizando as margens do rio e dos córregos que nele deságuam para oviposição, enquanto aquelas espécies não adaptadas a reprodução em córregos ou corpos d'água permanentes são excluídas dessas áreas (Zimmerman e Bierregard 1986; Hödl 1990).

Em relação à composição das espécies, o seringal e áreas desmatadas, apresentaram uma seleção de espécies típicas do cerrado e/ou áreas abertas, como *Rhinella mirandaribeiroi*, *Physalaemus cuvieri* e *Leptodactylus fuscus*, que utilizam corpos d'água temporários com hidroperíodo variável. Elas possuem adaptações comportamentais, fisiológicas e modos reprodutivos que diminuem as possibilidades de dessecação de seus ovos (Hödl 1990; Haddad e Hödl 1997; Haddad & Prado 2005; Santos *et al.* 2007; Souza *et al.* 2008; Vieira *et al.* 2009) garantindo a sobrevivência de sua prole. Essas espécies, assim como outras ecologicamente generalistas, habitam formações florestais naturalmente abertas (Haddad e Sazima 1992; Ramos e Gasparini

2004; Brasileiro *et al.* 2005; Moraes *et al.* 2007), e podem expandir suas distribuições com desmatamentos e alterações no ambiente (Haddad 1998).

As populações de anuros respondem diretamente ao ambiente em que habitam, podendo ter sua riqueza e abundância influenciados por diversos fatores (Crump 1971; Zimmerman e Bierregaard 1986; Duellman 1988, 1989; Gascon 1991; Pearman, 1997; Vonesh 2001; Ernst e Rödel 2008). Um dos fatores atuantes na distribuição de anuros neotropicais é a umidade do ar, que limita a ocorrência de espécies com reprodução fora da água (e.g. Duellman e Trueb 1986; Sinsch 1990). A anurofauna da Fazenda Tanguro não respondeu a umidade do ar, porém, não significa que essa variável não seja importante para anuros, possivelmente, apenas a variação entre os ambientes da área de estudo não tenha sido significativa a ponto de diferir a composição e a abundância das espécies, e a maioria das espécies possuem reprodução associada a corpos d'água (capítulo 1).

Dentre outros fatores, um componente importante para a comunidade de anuros é a estrutura da vegetação, tais como sua complexidade e heterogeneidade, que têm sido empregadas na predição de características de sua biota (Floaater e Zalucki 2000; Souza *et al.* 2008). Essas características diferenciam os ambientes quanto à produtividade primária, disponibilidade de recursos e microhabitats, abertura do dossel, temperatura da água, umidade, intensidade luminosa, interações interespecíficas e diferenças microclimáticas, que quando alterados podem resultar em declínio na diversidade local de anuros (Bellis 1962; Crump 1971; Pough *et al.* 1977; Pearman 1997; Giaretta *et al.* 1999; Halverson *et al.* 2003; Felix *et al.* 2004; Moraes *et al.* 2007; Souza *et al.* 2008).

Portanto, a relação observada no presente estudo entre comunidade de anuros e a abertura de dossel, é resultado da variação na estrutura da vegetação na paisagem

estudada. A incidência de luz nas camadas inferiores da floresta pode selecionar as espécies quanto a seus modos reprodutivos, modificando a umidade e o hidroperíodo das poças, podendo alterar a disponibilidade de nutrientes e o tempo de desenvolvimento dos ovos e girinos (Werner e Glennemeier 1999; Skelly *et al.* 2002; Halverson *et al.* 2003; Schiesari 2006). Ambientes florestados com maior porcentagem de abertura de dossel podem propiciar a colonização de espécies de áreas abertas aumentando a curto prazo a riqueza de espécies nessas áreas, principalmente nas bordas, onde a incidência de luz é maior e a variação dos fatores ambientais ao longo do dia também.

Dessa forma, assim como observado na comunidade de anuros da fazenda Tanguro, as características de cada ambiente, em relação à variação na disponibilidade de água e estrutura da vegetação, limitam a distribuição e composição da anurofauna em cada um deles (Moraes *et al.* 2007), de acordo com seus aspectos reprodutivos, fisiológicos e comportamentais (Thorson e Svihla 1943; Thorson 1955; Bellis 1962; Heatwole *et al.* 1968; Crump 1971; Snyder e Weathers 1975; Giaretta *et al.* 1997; Pearman 1997; Blaustein *et al.* 1994; Werner e Glennemeier 1999; Halverson *et al.* 2003; Santos *et al.* 2007).

Assim, esse trabalho vem mostrar que é de extrema importância a preservação de ambientes florestados para manutenção da diversidade local de anuros, garantindo disponibilidade e variedade de microhabitats para espécies com diferentes graus de especialização e exigências ecológicas. Mais especificamente para anuros, que possuem distribuição e diversidade fortemente associadas a corpos d'água, as matas ciliares são importantes mantenedores da diversidade local, preservando espécies características do bioma Amazônia com exigências ecológicas mais específicas que aquelas generalistas

comuns em ambientes abertos e do Cerrado, que apresentaram maior representatividade e abundância em ambientes degradados.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a MSc. Pedro Abe, Osvaldo e Adriano Portela, Aderlan Pedroso (Bibal), Joelson Serrão (Donga), Darlison e Sandro pela indispensável ajuda nas coletas de campo. Ao Osvaldo Carvalho Jr. e Wanderley Silva em nome do IPAM (Instituto de Pesquisas Ambientais Amazônicas) pela infraestrutura e auxílio logístico cedidos para todas as etapas de campo. À Dra. Luciana Nascimento pelas contribuições na identificação das espécies de *Physalaemus* e ao Dr. Marinus Hoogmoed pela confirmação e identificação de algumas espécies. Agradeço também ao Leandro Juen e ao Dr. Selvino Neckel de Oliveira pelo indispensável auxílio estatístico. A CAPES e ao CNPq pela bolsa concedida e ao PPG7 pelo financiamento de parte dos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Sáber AN (1977) Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas* 3:1-18
- Ab'Sáber AN (2001) O suporte geológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: Rodrigues RR, Leitão Filho HF (eds) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. Edusp, São Paulo p15-25
- Aichinger M (1991) Faunal deficit of anurans in tropical farmland of Amazonian Peru. *Alytes* 9(1):23-32
- Alves FSM, Fisch G, Vendrame IF (1999) Modificações do microclima e regime hidrológico devido ao desmatamento na Amazônia: estudo de um caso em Rondônia (RO), Brasil. *Acta Amazonica* 29:395-409
- ANA (Agencia Nacional de Águas). 2002. Bacia Amazônica. Disponível em www.ana.gov.br. Acessado em 02/01/2009
- Anderson MJ, Willis TJ (2003) Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology* 84: 511-525
- Becker B (2005) Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados* 19(53): 71-86
- Becker CG, Fonseca CR, Haddad CFB, Batista RF, Prado PI (2007) Habitat split and the global decline of amphibians. *Science* 318:1775-1777
- Bellis ED (1962) The influence of humidity on wood frog activity. *Am Midl Nat* 68(1): 139-148
- Bernarde OS, Macedo LC (2008) Impacto do desmatamento e formação de pastagens sobre a anurofauna de serapilheira em Rondônia. *Iheringia* 98(4):454-459

- Bernarde PS, Kokubum MNC, Machado RA, Anjos L (1999) Uso de habitats naturais e antrópicos pelos anuros em uma localidade no Estado de Rondônia, Brasil (Amphibia: Anura). *Acta Amazonica* 29(4):555-562
- Blaustein AR, Wake DB, Sousa WP (1994) Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology* 8:60-71
- Brandão RA (2002) Avaliação ecológica rápida da herpetofauna nas reservas extrativistas de pedras negras e curralinho, Costa Marques, RO. *Brasil Florestal* 74: 61-73
- Brasileiro CA, Sawaya RJ, Kiefer MC, Martins M (2005) Amphibians of an open Cerrado fragment in southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 5(2):1-17
- Clarke KR (1993) Nonparametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18:117-143
- Connell JH (1978) Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310
- Crump ML (1971) Quantitative analysis of the ecological distribution of a tropical herpetofauna. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 3:1-62
- Crump ML, Scott Jr NJ (1994) Visual encounter surveys. In: Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayek LAC, Foster MS (Eds). *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, USA. p 84-92.

- Doan TM, Arriaga WA (2002) Microgeographic Variation in Species Composition of the Herpetofaunal Communities of Tambopata Region, Peru. *Biotropica* 34(1): 101–117
- Duellman WE (1978) The biology of an Equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. *Miscellaneous Publication of The University of Kansas Museum of Natural History* 65:1-352
- Duellman WE (1985) Reproductive modes in anuran amphibians: phylogenetic significance of adaptive strategies. *South African Journal of Science* 81:174-178
- Duellman WE (1988) Patterns of species diversity in anurans amphibians in the American tropics. *Am Missouri Bot Gard* 75:79-104
- Duellman WE (1989) Alternative life-history styles in anuran amphibians: Evolutionary and ecological implications. In: Bruton MN (ed) *Alternative Life-History Styles of Animals*. Dordrecht (The Netherlands). Kluwer Academic. p 102-126
- Duellman WE, Trueb L (1986) *Biology of Amphibians*. McGraw- Hill Book Company, New York
- Ernst R, Rödel MO (2008) Patterns of community composition in two tropical tree frog assemblages: separating spatial structure and environmental effects in disturbed and undisturbed forests. *Journal of Tropical Ecology* 24:111-120
- Felix ZI, Wang Y, Schweitzer CJ (2004) Relationships between herpetofaunal community structure and varying levels of overstory tree retention in northern Alabama: first-year results. In: Connor KF (ed) *Proceedings of the 12th biennial southern silvicultural research conference*. Gen Tech Rep, Asheville, p7-10

- Floater GJ, Zalucki MP (2000) Habitat structure and egg distributions in the processionary caterpillar *Ochrogaster lunifer*: lessons for conservation and pest management. *Journal of Applied Ecology* 37:87-99
- Gascon C (1991) Population- and community-level analyses of species occurrences of central Amazonian rainforest tadpoles. *Ecology* 72(5):1731-1746
- Gascon C (1992) Aquatic predators and tadpoles prey in central Amazonia: Field data and Experimental Manipulations. *Ecology* 73:971-980
- Gentry AH (1988) Changes in plant community diversity and floristic composition on geographical and environmental gradients. *Ann. Mo. Bot. Garden* 75: 1–34
- Giaretta AA, Sawaya RJ, Machado G, Araújo MS, Facure KG, Medeiros HF, Nunes R (1997) Diversity and abundance of litter frogs at altitudinal sites at Serra do Japi, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 14(2):341-346
- Giaretta AA, Facure KG, Sawaya RJ, Meyer JHM, Chemin N (1999) Diversity and abundance of litter frogs in a montane forest of Southeastern Brazil: seasonal and altitudinal changes. *Biotropica* 31:669–674
- Grime JP (1973) Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature* 242: 344-347
- Haddad CFB (1998) Biodiversidade dos anfíbios no Estado de São Paulo. In: Castro RMC (ed) Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX. Editora Fapesp, São Paulo, v.6, p17-26
- Haddad CFB, Hödl W (1997) New reproductive mode in anurans: Bubble nest in *Chiasmocleis leucosticta* (Microhylidae). *Copeia* 1997: 585–588

- Haddad CFB, Prado CPA (2005) Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic forest of Brazil. *BioScience* 55(3):207-217
- Haddad CFB, Sazima I (1992) Anfíbios anuros da Serra do Japi. In: Morellato LPC (ed) *História natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/FAPESP, Campinas, p188-211
- Halverson MA, Skelly DK, Kiesecker JM, Freidenburg LK (2003) Forest mediated light regime linked to amphibian distribution and performance. *Oecologia* 134: 360-364
- Heatwole H, Austin SB, Herrero R (1968) Heat tolerances of tadpoles of two species of tropical anurans. *Comp Biochem Physiology* 27:807-815
- Heinen JT (1992) Comparisons of the leaf litter herpetofauna in abandoned cacao plantations and primary rain forest in Costa Rica: some implications for faunal restoration. *Biotropica* 24(3):431-439
- Hödl W (1990) Reproductive diversity in Amazonian lowland frogs. *Fortschritte Zool* 38:41-60
- Horn HS (1975) Markovian properties of forest succession. p196-211 In: Cody ML, Diamond JM (eds) *Ecology and evolution of communities*. Cambridge, Harvard University. Press, 545p
- IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. 2006. Disponível em: www.ipam.org.br. Acessado em 10/01/2010
- IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (2007) Disponível em www.ipam.org.br. Acessado em 10/01/2010

- Jaeger RG (1990) Territorial salamanders evaluate size and chitinous content of arthropods prey. P 111-126 In: Hughes RN (ed) Behavioral mechanisms of food selection. NATO ASI Series, Subseries G: Ecological Sciences, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany
- Kokubum MNC, Giaretta AA (2005) Reproductive ecology and behaviour of a species of *Adenomera* (Anura, Leptodactylidae) with endotrophic tadpoles: systematic implications. *Journal of Natural History* 39:1745–1758
- Krebs CJ (1999) Ecological methodology. Menlo Park, Addison Wesley Longman. 620p
- Lima AP, Magnusson WE, Menin M, Erdtmann LK, Rodrigues DJ, Keller C, Hödl W (2006) Guia de sapos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central. Atemma, Manaus. 168 p
- McDiarmid RW (1994) Amphibian Diversity and Natural History: An Overview. In: Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayek LAC, Foster MS (eds) Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, USA. p5-16
- Moraes RA, Sawaya RJ, Barrella W (2007) Composição e diversidade de anfíbios anuros em dois ambientes de Mata Atlântica no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 7(2): 1-10
- Neckel-Oliveira S, Magnusson WE, Lima AP, Albernaz LK (2000) Diversity and distribution of frogs in an Amazonian savanna in Brazil. *Amphibia-Reptilia* 21: 317-326

- Pearman PB (1997) Correlates of Amphibian Diversity in an Altered Landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology* 11 (5): 1211–1225
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology Earth System Science* 11: 1633–1644
- Pombal Jr JP, Haddad CFB (2007) Estratégias e Modos reprodutivos em Anuros. In: Nascimento LB, Oliveira ME (eds) *Herpetologia no Brasil II*. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, p101-116
- Pough FH, Stewart MM, Thomas RG (1977) Physiological basis of habitat partitioning in Jamaican *Eleutherodactylus*. *Oecologia* 27: 285-293
- Prado CPA, Uetanabaro M, Haddad CFB (2002) Description of a new reproductive mode in *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae), with a review of the reproductive specialization toward terrestriality in the genus. *Copeia* 4:1128-1133
- Ramos DA, Gasparini JL (2004) Anfíbios do Goiapaba-Açu, Fundão, Estado do Espírito Santo. Gráfica Santo Antônio, Espírito Santo
- Reynolds R, Caramaschi U, Mijares A, Acosta-Galvis A, Heyer R, Lavilla E, Hardy J (2004) *Leptodactylus fuscus*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **13 October 2010**.
- Rosenzweig ML (1995) *Species diversity in space and time*. Cambridge, Cambridge University Press, 436p

- Santos TG, Rossa-Feres DC, Casatti L (2007) Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia, Série Zoológica* 97(1):37-49
- Schiesari L (2006) Pond canopy cover: a resource gradient for anuran larvae. *Freshwater Biology* 51: 412-423
- Silva JM, Rylands AB, Fonseca GAB (2005) O destino das áreas de endemismo na Amazônia. *Megadiversidade* 1(1): 124-131
- Sinsch U (1990) Migration and orientation in anuran amphibians. *Ethology and Evolution* 2:65-79
- Skelly DK, Freidenburg LK, Kiesecker JM (2002) Forest canopy and the performance of larval amphibians. *Ecology* 83:983–992.
- Snyder GK, Weathers WW (1975) Temperature adaptations in amphibians. *American Naturalist* 109:93-101
- Sousa WP (1984) The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353-391
- Souza VM, Souza MB, Morato EF (2008) Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia sul-ocidental. *Revista Brasileira de Zoologia* 25(1):49-57
- Tapia-Coral SC, Luizão FJ, Wandelli EV (1999) Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 29(3):477-495

- Thorson TB (1955) The relationship of water economy to terrestriality in amphibians. *Ecology* 36(1):100-115
- Thorson TB, Svihla A (1943) Correlation of the habitats of amphibians with their ability to survive the loss of body water. *Ecology* 24(3):374-381
- Tocher MD (1998) Diferenças na composição de espécies de sapos entre três tipos de floresta e campo de pastagem na Amazônia Central. In: Gascon C, Moutinho P (eds) *Floresta Amazônica: Dinâmica, regeneração e manejo*. Ministério da Tecnologia e Ciência, Manaus, p219-232
- Tocher MD, Gascon C, Zimmerman BL (1997) Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: a ten-year study, p124-137. In: Laurence WF, Bierregaard Jr RO (eds) *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. Chicago, The University of Chicago Press, 632p
- Tokeshi M (1999) *Species coexistence: ecological and evolutionary perspectives*. Oxford, Blackwell Science, 454p
- Tuomisto H, Ruokolainen K (1997) The role of ecological knowledge in explaining biogeography and biodiversity in Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 6: 347-357
- Tuomisto H, Ruokolainen K, Kalliola R, Linna A, Danjoy W, Rodriguez Z (1995) Dissecting Amazonian biodiversity. *Science* 269: 63-66.
- Vieira WLS, Santana GM, Arzabe C (2009) Diversity of reproductive modes in anuran communities in the Caatinga (dryland) of northeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 18: 55-66

- Vitt LJ, Caldwell JP (2001) The effects of logging on reptiles and amphibians of tropical forests, p.239-259. In: Fimbel RA, Grajal A, Robinson JG (eds) *The Cutting Edge: Conserving Wildlife in Logged Tropical Forests*. New York: Columbia University Press
- Vonesh JR (2001) Patterns of richness and abundance in a tropical leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 33(3): 502-510
- Werner EE, Glennemeier KS (1999) Influence of forest canopy cover on the breeding pond distributions of several amphibian species. *Copeia* (1):1-12
- Zimmerman, B.L. (1994) Audio strip transects. *Measuring and Monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. In: Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayek LAC, Foster MS (ed). Smithsonian Institution Press, Washington. p 92-96
- Zimmerman BL, Bierregaard RO (1986) Relevance of the equilibrium theory of island biogeography and species-area relations to conservation with a case from Amazonia. *Journal of Biogeography* 13:133-143
- Zimmerman BL, Rodrigues MT (1990) Frogs, snakes and lizards of the INPA-WWF reserves near Manaus, Brazil. In: Gentry AH (ed) *Four Neotropical rainforests*. New Haven: Yale University Press 426-454



Figura 1 Localização dos pontos de coleta na Fazenda Tanguro, Querência, MT. As áreas verdes correspondem à vegetação e as cores rosa correspondem às áreas desmatadas para atividades produtivas. Os pontos de coleta estão representados da seguinte forma: área desmatada (quadrados); margem do rio Tanguro (círculos); Seringal (losangos); mata ciliar preservada (triângulos); mata ciliar antropizada (estrelas) (modificado de IPAM 2006).

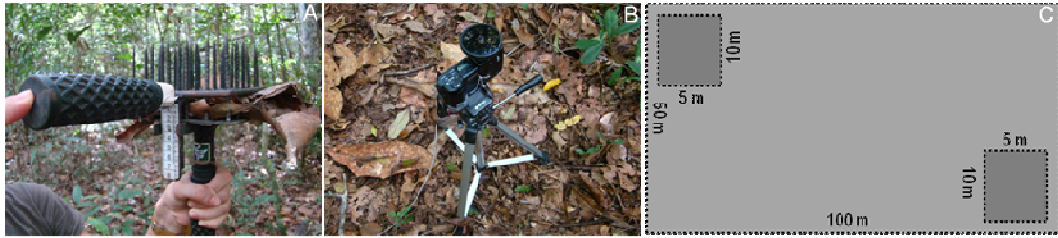


Figura 2 a. Coletor de serrapilheira Marimon-Hay; b. Câmera digital (Nikon Coolpix 950) acoplada à lente “olho de peixe” (Nikon fisheye converter FC-E8 0.21x); c. parcela maior (50/100m) para coleta de anfíbios, temperatura, umidade, altura da serrapilheira e abertura do dossel e parcelas menores (5/10m) para medidas da circunferência a altura do peito e o número de árvores.

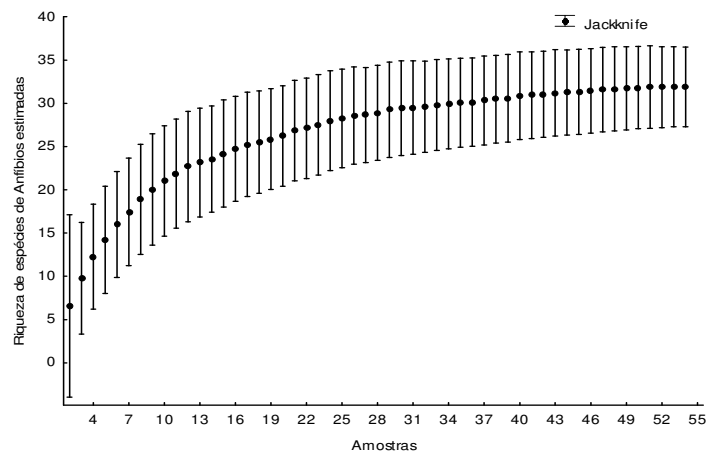


Figura 3 Riqueza estimada de espécies de anuros pelo procedimento Jackknife, na Fazenda Tanguro, Mato Grosso, Brasil. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

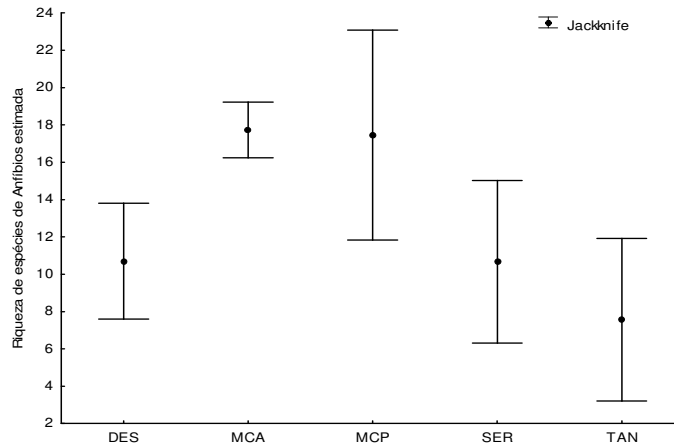


Figura 4 Riqueza estimada de espécies de anuros pelo procedimento Jackknife, nos cinco ambientes da Fazenda Tanguro, Mato Grosso, Brasil. As barras representam intervalo de confiança de 95%. DES: Área desmatada; MCA: Mata ciliar antropizada; MCP: Mata ciliar preservada; SER: Seringal e TAN: Margem do Rio Tanguro.

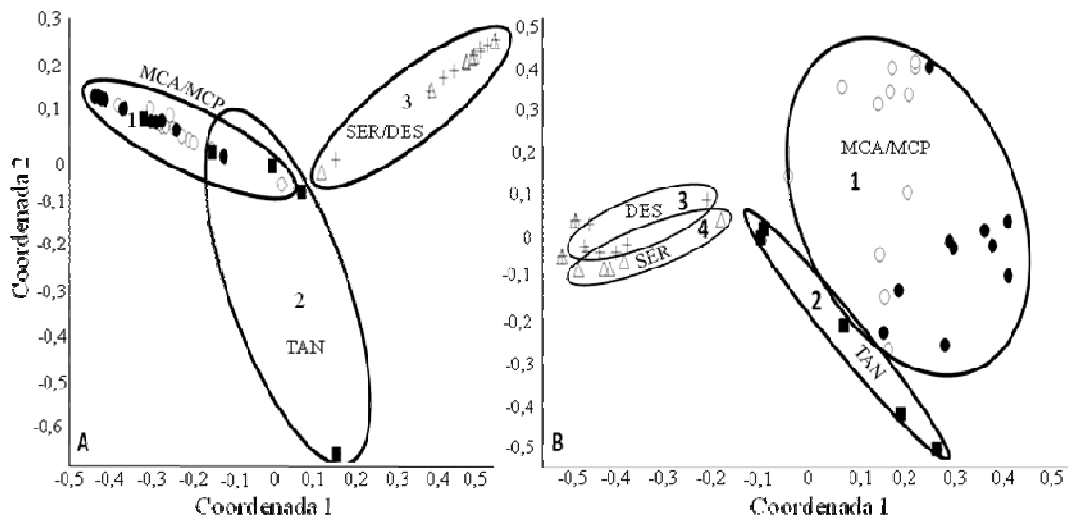


Figura 5 Análise de coordenadas principais (PCoA) com os grupos definidos pela análise de similaridade (ANOSIM) com a abundância observada das espécies (a) e com dados de ausência/presença (b). MCA: mata ciliar antropizada (círculos vazados); MCP: mata ciliar preservada (círculos cheios); SER: seringal (triângulos); DES: área

desmatada (cruzes) e TAN: margem do rio Tanguro (quadrados). Foram usados somente dois eixos nos gráficos para facilitar a visualização dos grupos.

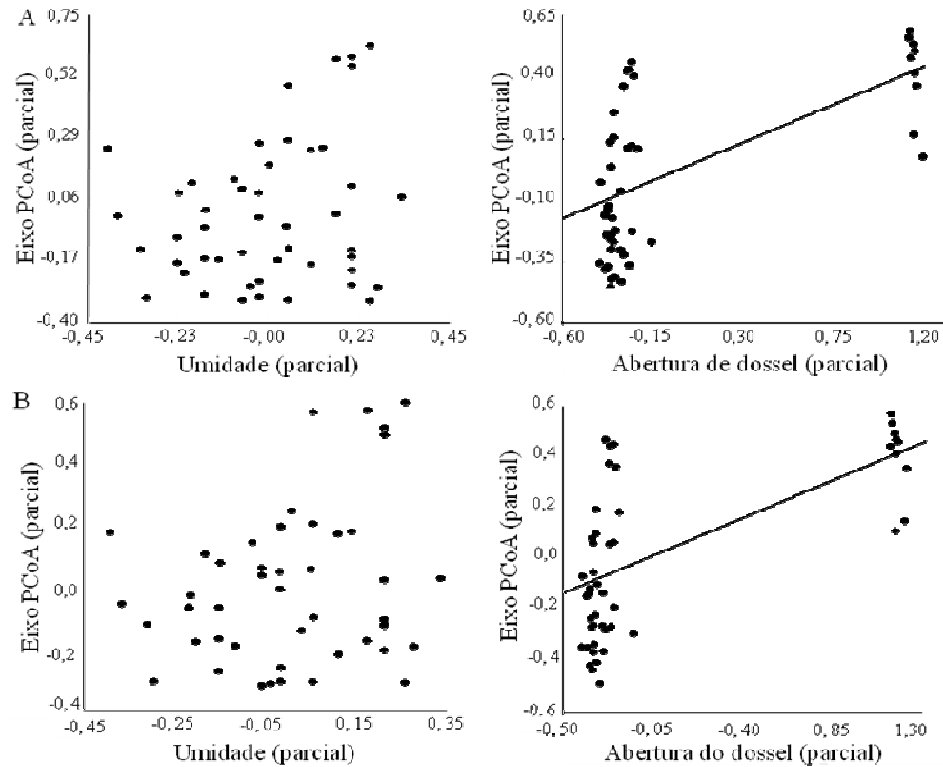


Figura 6 Influência das variáveis sobre composição de espécies sumarizada em uma dimensão pelo PCoA. (a) composição baseada em dados de abundância (quantitativos) e (b) baseada nos dados de presença/ausência (qualitativos).

Tabela 1 Coeficiente de correlação de Spearman das variáveis ambientais mensuradas no presente estudo. Em negrito a correlação menor que 35% entre as duas variáveis utilizadas nas análises de regressão, umidade e abertura de dossel.

	Temperatura	Umidade	CAP	Nº árvores	Alt. Serrapilheira	Abertura de dossel
Temperatura	1.000					
Umidade	-0.643	1.000				
CAP	-0.201	0.081	1.000			
Nº árvores	0.011	0.002	0.728	1.000		
Alt. serrapilheira	0.217	-0.197	0.497	0.693	1.000	
Abertura de dossel	-0.062	0.034	-0.852	-0.929	-0.68	1.000

Tabela 2 Distribuição e abundância observada das espécies de anuros nos cinco ambientes da Fazenda Tanguro, Mato Grosso, Brasil. DES= área desmatada; MCA= mata ciliar antropizada; MCP= mata ciliar preservada; SER= seringal e TAN= margem do Rio Tanguro.

	MCA	MCP	TAN	SER	DES	Abundância total
BUFONIDAE						
<i>Rhinella mirandaribeiroi</i> (Gallardo, 1965)	0	0	0	0	6	6
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner, 1894)	0	1	0	3	0	4
HYLIDAE						
<i>Dendropsophus melanargyreus</i> (Cope, 1887)	0	0	0	2	3	5
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)	0	0	0	13	0	13
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)	32	6	0	0	0	38
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix, 1824)	38	30	0	0	0	68
<i>Hypsiboas boans</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	1	0	0	1
<i>Hypsiboas cinerascens</i> (Spix, 1824)	56	89	11	0	0	156
<i>Hypsiboas geographicus</i> (Spix, 1824)	0	0	13	0	0	13
<i>Osteocephalus cf. taurinus</i> Steindachner, 1862	103	53	0	0	0	156

<i>Osteocephalus</i> sp.	16	16	0	0	0	32
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (A. Lutz, 1925)	15	0	0	0	0	15
<i>Scinax fuscovarius</i> (A. Lutz, 1925)	1	0	0	9	6	16
<i>Scinax nebulosus</i> (Spix, 1824)	6	0	0	0	0	6
LEIUPERIDAE						
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner, 1863	2	0	0	0	15	17
<i>Physalaemus centralis</i> Bokermann, 1962	1	0	0	0	5	6
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826	7	0	0	0	2	9
LEPTODACTYLIDAE						
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	0	0	0	52	49	101
<i>Leptodactylus lineatus</i> (Schneider, 1799)	0	6	0	0	0	6
<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix, 1824)	0	0	2	6	0	8
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix, 1824)	0	1	0	6	0	7
<i>Leptodactylus</i> cf. <i>andreae</i> Müller, 1923	1	0	0	0	0	1
<i>Leptodactylus paraensis</i> Heyer, 2005	4	0	0	0	0	4
<i>Leptodactylus petersii</i> (Steindachner, 1864)	35	2	2	0	0	39
MICROHYLIDAE						
<i>Elachistocleis ovalis</i> (Schneider, 1799)	0	0	0	3	3	6
STRABOMANTIDAE						
<i>Pristimantis fenestratus</i> (Steindachner, 1864)	5	1	0	0	0	6
Nº de espécies/ambiente	15	10	5	8	8	-
Nº de espécies exclusivas/ambiente	4	1	2	1	1	-

ANEXO 1



Anexo 1a Espécies encontradas pelo método de quadrantes na fazenda Tanguro, Mato Grosso, Brasil: a) *Rhinella mirandaribeiroi*; b) *Rhinella schneideri*; c) *Dendropsophus melanargyreus*; d) *Dendropsophus minutus*; e) *Dendropsophus nanus*; f) *Hypsiboas albopunctatus*; g) *Hypsiboas boans*; h) *Hypsiboas cinerascens*; i) *Hypsiboas albopunctatus*; j) *Hypsiboas albopunctatus*; k) *Dendropsophus melanargyreus*; l) *Hypsiboas albopunctatus*; m) *Dendropsophus melanargyreus*; n) *Rhinella schneideri*; o) *Hypsiboas albopunctatus*.

geographicus; j) *Osteocephalus* cf. *taurinus*; k) *Osteocephalus* sp.; l) *Scinax* *fuscomarginatus*; m) *Scinax* *fuscovarius*; n) *Scinax* *nebulosus*; o) *Eupemphix* *nattereri*



Anexo 1b Espécies encontradas na fazenda Tanguro, Mato Grosso, Brasil (continuação): p) *Physalaemus centralis*; q1 e q2) *Physalaemus cuvieri*; r) *Leptodactylus fuscus*; s) *Leptodactylus lineatus*; t) *Leptodactylus mystaceus*; u) *Leptodactylus labyrinthicus*; v) *Leptodactylus* cf. *andreae*; w) *Leptodactylus paraensis*; x) *Leptodactylus petersii*; y) *Elachistocleis ovalis* e z) *Pristimantis fenestratus*.