



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO



**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS NA COMUNIDADE DE HELMINTOS
PARASITAS DE *LEPTODACTYLUS PODICIPINUS* (ANURA, LEPTODACTYLIDAE) DE LAGOAS
DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, CORUMBÁ, MATO GROSSO DO SUL, BRASIL**

Karla Magalhães Campião

Campo Grande – MS

Fevereiro de 2010

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS NA COMUNIDADE DE HELMINTOS PARASITAS DE
LEPTODACTYLUS PODICIPINUS (ANURA, LEPTODACTYLIDAE) DE LAGOAS DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA,
CORUMBÁ, MATO GROSSO DO SUL, BRASIL**

Karla Magalhães Campião

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação, área de concentração ECOLOGIA.

Orientadora: Vanda Lúcia Ferreira

Campo Grande – MS

Fevereiro de 2010

AGRADECIMENTOS

À minha família, não tenho palavras para agradecê-los na dimensão que gostaria... em especial, agradeço ao meu pai: obrigada pela amizade e por tanto carinho pai, e à minha mãe e amiga incondicional: não fosse sua cumplicidade, força e orações por mim.... nem consigo imaginar como passaria pelos obstáculos.

À Vanda Lúcia Ferreira e Reinaldo José da Silva, pela orientação, parceria, confiança, pelo tempo a mim dedicado...o que aprendi com vocês vai muito além das páginas que temos escrito.

À Milena Delatorre Nunes e Rozangela Batista Rodrigues que fizeram a amostragem das lagoas e compartilharam comigo esses dados. Ao Beda, por me ajudar a coletar os "Lep pods" e Denise Leal por me ajudar nas necropsias.

À Donald Eaton pelo empréstimo de equipamento, Prof. Josué Raizer pela ajuda com as análises e à Walfrido Tomas e Pellegrini pelas imagens da Fazenda Nhumirim.

À Davor Vrcibradic, Ricardo Takemoto e José Luis Fernando Luque pela revisão crítica do manuscrito.

Aos docentes do Programa de Ecologia e Conservação e a todos os funcionários, especialmente a Rose, pela presteza e gentileza de sempre.

À todos os colegas de mestrado, foi um prazer estar com vocês nesses dois anos.

À todos que me receberam em Botucatu, jamais esquecerei a hospitalidade de vocês. Em especial a Carla Madelaire, que além de me hospedar com muita gentileza se mostrou uma grande amiga. E ainda, todos os integrantes do Lapas, especialmente Luciano Anjos que esteve sempre pronto a me ensinar e ajudar no que era necessário.

À CAPES pela bolsa de mestrado, FUNDECT, CPP (Centro de Pesquisa do Pantanal), Embrapa-CPAP (Embrapa-Pantanal) e CNPq pelo apoio financeiro que possibilitou a execução deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Embrapa Pantanal, Fazenda Nhumirim e Base de Estudos do Pantanal pelo apoio logístico.

À todos os meus familiares e amigos, que mesmo não tendo os nomes citados aqui, foram igualmente importantes em minha formação. Vocês foram tão presentes sempre.. Obrigada por se importarem com os detalhes desta dissertação e do mestrado. Obrigada por me receberem com alegria depois das coletas....tudo isso fez diferença.

À Deus: as mãos erguidas, o coração quietinho...entregue... Muito obrigada por mais essa conquista!

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS NA COMUNIDADE DE HELMINTOS PARASITAS DE *LEPTODACTYLUS*
PODICIPINUS (ANURA, LEPTODACTYLIDAE) EM LAGOAS DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, CORUMBÁ, MATO GROSSO DO SUL,
BRASIL**

RESUMO

Um dos pontos centrais em ecologia é entender os padrões de distribuição e abundância de espécies, que em termos gerais são determinados pela dispersão e pelas condições abióticas e bióticas do ambiente. As condições ambientais e estrutura do ecossistema são também importantes na relação entre parasitas e hospedeiros e na determinação da fauna de parasitas. Neste estudo, nós avaliamos a influência das características ambientais na estrutura das comunidades de helmintos parasitas do anfibio anuro *Leptodactylus podicipinus* (Cope, 1862), de lagoas da Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, município de Corumbá, MS. Foram amostradas dez lagoas e para caracterização das mesmas foram registrados a área, profundidade, altitude, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (%OD), salinidade (ppt), temperatura (°C) e as porcentagens de cobertura de solo, água e vegetação e as distâncias entre as lagoas, entre 23 de novembro e 4 de dezembro de 2008. Foram coletados 121 anuros e encontrado um total de nove *taxa* de helmintos, dentre os quais dois foram centrais nas comunidades, sendo muito abundantes e prevalentes em todas as lagoas. Essas espécies contribuíram para a similaridade relativamente alta observada entre as lagoas. A variação na composição das comunidades pode ser explicado pelas características estruturais das lagoas, mas não pela distância entre elas. Os resultados indicaram assim, que os processos locais (variação ambiental) superaram os regionais (dispersão das espécies) na determinação da comunidade de parasitas, mesmo diante da proximidade entre as lagoas. A variação nas comunidades de helmintos em resposta a variações moderadas nas características estruturais das lagoas aponta o potencial dos helmintos como indicadores das condições ambientais.

Palavras chaves: Ecologia de parasitas, comunidade de helmintos, riqueza de espécies local, riqueza de espécies regional, anuros, Pantanal.

ENVIRONMENTAL VARIABLES INFLUENCING HELMINTH COMMUNITY OF *LEPTODACTYLUS PODICIPINUS* (ANURA, LEPTODACTYLIDAE) FROM PONDS IN THE SOUTH-EASTERN PANTANAL, BRAZIL

ABSTRACT

Understanding the patterns of species distribution and abundance has been at the core of ecology. In general, these patterns are determined by species dispersion and by abiotic and biotic environmental conditions. Similarly, host-parasite relations and the structure of parasite assemblages are also shaped by environmental conditions and landscape structure. Herein, we assessed the influence of species dispersion and environmental variables on the helminth community structure of *Leptodactylus podicipinus* from ten ponds of the Nhumirim Farm, Pantanal. We sampled ten ponds and recorded ponds area, depth, altitude, hydrogen potential (pH), dissolved oxygen (% DO), salinity (ppt), temperature (° C) and percentage of soil, water and vegetation cover, as well as the distances between the ponds, from November 23 to December 4, 2008. We collected 121 frogs and found nine helminth taxa, two of them were core species, exhibiting high prevalence and abundance, which contributed to the relatively high similarity observed among the ponds. Most of the helminths showed some variation in the frequencies of occurrence among component communities from different ponds. The turnover in species composition among ponds was explained by the structural characteristics of the environments, but not by the distance among them. Moreover, the results indicated that local (variation in environmental conditions) were more important than the regional processes (species dispersion) in determining parasite communities. The change in helminth communities among ponds in response to moderate changes in ponds structural variables points out to the potential of helminth species as indicators of environmental conditions.

Key words: parasite ecology, helminth community, local richness, regional richness, Anura, Pantanal.

INTRODUÇÃO

Compreender os padrões de abundância e distribuição das espécies é um dos pontos centrais no estudo da ecologia de comunidades. Esses padrões são determinados principalmente pelas características ambientais, interações entre as espécies e filogenia (Price 2003). Os padrões na riqueza local e a dissimilaridade na composição de espécies no espaço geográfico são resultado da heterogeneidade ambiental e dos processos de especiação, extinção e colonização (Graham et al. 2006). Em termos gerais, as espécies estão restritas pela dispersão, pelo ambiente e pelas dinâmicas internas (Cornell e Lawton 1992). Da mesma forma, a interação entre parasitas e seus hospedeiros não acontece em um vácuo ecológico e o sucesso dos processos de transmissão e infecção variam de acordo com as variáveis ambientais (Thieltges et al. 2008).

A frequência e persistência da infecção dependem de diversas variáveis. As taxas de contato entre potenciais hospedeiros e estágios infectantes estão relacionadas ao número de parasitas adultos, ao número de hospedeiros infectados e a sobrevivência dos estágios infectantes, fatores que são direta e indiretamente determinados pelas condições ambientais. Em parasitas com ciclo de vida indireto, envolvendo vetores ou hospedeiros intermediários, as abundâncias desses hospedeiros são importantes. Taxas de contato são também influenciadas pelo comportamento dos hospedeiros e qualquer fator externo que possa vir alterar o comportamento do hospedeiro poderá influenciar na taxa de encontro entre o hospedeiro e os estágios infectantes dos parasitas (Scott 1988). Uma vez que houve o encontro entre parasita e hospedeiro, a vulnerabilidade à infecção se torna importante. A susceptibilidade do hospedeiro é determinada não apenas pela estrutura gênica, mas também por sua habilidade em deflagrar resposta imune eficiente, que por sua vez é influenciada pelo *status* nutricional e estresse, ou seja, fatores relacionados às condições ambientais do habitat (Christin et al. 2004). Dessa forma, fatores relacionados ao ambiente são determinantes na infecção e na interação entre parasitas e hospedeiros.

A importância das variáveis ambientais no sucesso de transmissão dos helmintos endoparasitas tem sido estudada principalmente em trematódeos. Variáveis abióticas naturais como temperatura, umidade, salinidade, concentração de hidrogênio e de oxigênio são determinantes na distribuição espacial, infectividade e sobrevivência dos estágios infectantes dos parasitas (Pietroock e Marcogliese 2003; Poulin 2006; Koprivnikar et al. 2006; 2007; Koprivnikar e Poulin 2009). As características físico-químicas da água são determinantes não só nas taxas de transmissão de parasitas, mas também na imunocompetência e comportamento dos hospedeiros e podem refletir a qualidade do ecossistema (Blaustein e Johnson 2003). Além disso, a composição dos

elementos da paisagem local e circunvizinha ao habitat do hospedeiro conjuntamente aos organismos a ela associados (Muzzal 2001) e a distância geográfica entre manchas de habitat (Poulin 2003) influenciam condições locais importantes na determinação das espécies que vão compor a comunidade de parasitas.

Os anfíbios são hospedeiros definitivos e intermediários de muitos metazoários, com uma vasta gama de histórias de vida e estratégias de transmissão (Aho 1990; Goater e Goater 2001). Alguns têm transmissão direta, outros são transmitidos troficamente e requerem a presença de hospedeiros intermediários para completar seu ciclo de vida. Além disso, os anfíbios geralmente permanecem próximos ao seu sítio de procriação e por isso podem servir como marcadores biológicos das condições locais (Blaustein e Johnson 2003). Essas características apontam as comunidades parasitas de anfíbios como sistemas muito apropriados para investigação de mudanças na composição, distribuição e abundância das espécies (Barton 1999; Aho 1990; Goater e Goater 2001). Vários atributos dos anfíbios podem contribuir para o estabelecimento da comunidade de parasitas (Muzzal et al. 2001), incluindo a história de vida do parasita e do hospedeiro (coevolução) (Brooks 2006), preferências na dieta, fenologia, ontogênese e características do habitat do hospedeiro (Esch 1990; Muzzal 2001; Bolek e Coggings 2003; Hamann et al. 2006a).

O Pantanal brasileiro, além de abrigar uma abundante fauna de anfíbios anuros (Harris et al. 2005), apresenta como característica marcante o mosaico de paisagens (Silva e Abdon 1998). O regime de inundação e topografia resultam na formação de lagoas temporárias e permanentes, que podem ser delimitadas por cordões florestais ou estar inseridas em uma matriz campestre, sendo algumas delas conectadas sazonalmente pelas vazantes (Rodela e Queiroz Neto 2007). Esse mosaico paisagístico em que as lagoas estão inseridas permite investigar a influência das condições locais na estrutura das comunidades de parasitas e ainda, as mudanças na composição dessas comunidades em uma mesma região.

Dentre os anfíbios encontrados no Pantanal, uma das espécies de anuros mais abundantes e representativas é *Leptodactylus podicipinus*. A distribuição deste anuro abrange o Paraguai, Argentina, Bolívia e centro-oeste do Brasil. Apresenta hábito principalmente noturno, porte pequeno (raramente ultrapassando 40 mm de comprimento rostro-cloacal), dieta generalista (Rodrigues et al. 2004) e marcada tendência a terrestrialidade, podendo ser encontrado em abundância junto a margens de lagoas permanentes e temporárias (Prado et al. 2000).

Com base na perspectiva de que a riqueza e abundância dos parasitas sofrem marcante influência das condições ambientais e dada a complexidade de mosaicos de paisagens que ocorrem na região do Pantanal,

este estudo tem como objetivo investigar as seguintes questões: Existe relação entre as características estruturais dos corpos d'água e a estrutura das comunidades de helmintos parasitas de *L. podicipinus*? Existem padrões gerais na distribuição das prevalências e abundâncias das espécies que compõem as comunidades componentes deste anuro em diferentes lagoas? As similaridades entre as comunidades de helmintos de cada lagoa estão relacionadas com a distância geográfica entre elas?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Pantanal é uma das maiores planícies inundáveis do mundo (Por 1995), caracterizado por apresentar mosaicos de habitats condicionados, principalmente, pelo pulso de inundação e variações locais no relevo (ver revisão de Swarts 2000, Oliveira e Calheiros 2000; Adami et al. 2008). O pulso de inundação resulta das precipitações pluviométricas no planalto da Bacia do Alto Paraguai e na planície, e de características físicas naturais que interferem no escoamento de águas no Pantanal (Junk e Silva 1999). A dinâmica periódica de inundação consiste no extravasamento das águas sobre os campos, o que favorece a instalação e crescimento da vegetação. Posteriormente, o recuo d'água rica em matéria orgânica propicia a base para a cadeia trófica (Prado et al. 1994).

O Pantanal da Nhecolândia, compreendido aproximadamente entre 18° a 20° Sul e 55° a 58° Oeste, é considerado uma das maiores sub-regiões Pantanal Sul (cerca de 19%) com limite ao norte pelo rio Taquari e ao Sul pelo rio Negro (Silva e Abdon 1998). As inundações periódicas no Pantanal da Nhecolândia e suas repercussões sobre a topografia e sobre os solos imprimem aos ambientes características variáveis espaciais e temporais, que influenciam a distribuição da vegetação e disposição dos corpos d'água (Pott e Pott 2004; Rodela e Queiroz Neto 2007). Localmente, pequenas variações altimétricas do relevo permitem a existência de ambientes florestados em porções mais elevadas e fitofisionomias campestres ou aquáticas ocorrem em áreas relativamente mais baixas que são permanentemente ou sazonalmente alagáveis (Rodela 2006). Devido a características de drenagem, a região da Nhecolândia apresenta muitas lagoas, de pouca conexão com rios e a conectividade entre elas no período das cheias seria fundamental para manutenção da biodiversidade, como sugerido por Neiff e Poi de Neiff (2003). As lagoas possuem formas circulares, semicirculares ou irregulares, com tamanhos diversos, circundadas por campos sazonalmente inundáveis ou extensos cordões florestais (Rodela e Queiroz Neto 2007).

O estudo foi realizado na Fazenda Nhumirim (18° 59' S e 56° 39' W), localizada no município de Corumbá, MS, que apresenta diversos elementos representativos da Nhecolândia (Figura 1) com a presença de unidades de vegetação como campos, cerrados, florestas semidecíduas e pelas unidades de relevo como lagoas, salinas, cordilheiras e vazantes. A Fazenda possui cerca de 4.350 ha de área e possui porções de pastagem nativa, com manejo de pecuária extensiva, e uma área de reserva legal natural (RPPN) denominada Estação Ecológica Nhumirim (com 600 ha), sem manejo de gado desde 1988 (Rodela 2006). O clima regional é do tipo tropical subúmido, com duas estações bem definidas: a chuvosa, que ocorre entre novembro e março, e a seca que ocorre entre abril e outubro (Rodela 2006). A precipitação média anual é de 1.180mm, com temperaturas médias mensais oscilando entre 21°C e 33°C (Soriano e Alves 2005).

Amostragem das lagoas

Os corpos d'água da Fazenda Nhumirim foram identificados por imagens de satélite e dentre estes, dez foram sorteados para o estudo (Figura 2). Para caracterização de cada lagoa foram registradas a área, localização (coordenadas geográficas), profundidade e altitude, além das características abióticas da água e medidas da superfície de cobertura vegetal, de água e de solo de cada lagoa. O período de amostragem foi restrito entre 23 de novembro e 04 de dezembro de 2008, a fim de evitar variação sazonal, de forma que a cada dia era amostrada uma lagoa. Nesse período, as chuvas ainda não haviam começado e não havia conexão entre as lagoas desde o período da última cheia, quando eventualmente as vazantes podem permitir a conectividade entre algumas delas.

A área, altitude e localização geográfica das lagoas foram obtidas por meio de um aparelho receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS). As características abióticas da qualidade da água: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (%OD), salinidade (ppt) e temperatura (°C) foram obtidos através de microprocessadores digitais (YSI® modelo 63 e YSI® modelo 550A). Essas medidas foram realizadas sempre no fim do dia, em um mesmo horário padronizado para todas as lagoas. Para calcular as estimativas da porcentagem de cobertura do solo, água e vegetação das lagoas foi determinado o centro da lagoa através da intersecção entre o maior eixo longitudinal e o maior eixo transversal. A partir do centro da lagoa foram delimitados os transectos transversais distando 15 m entre si. A estimativa da

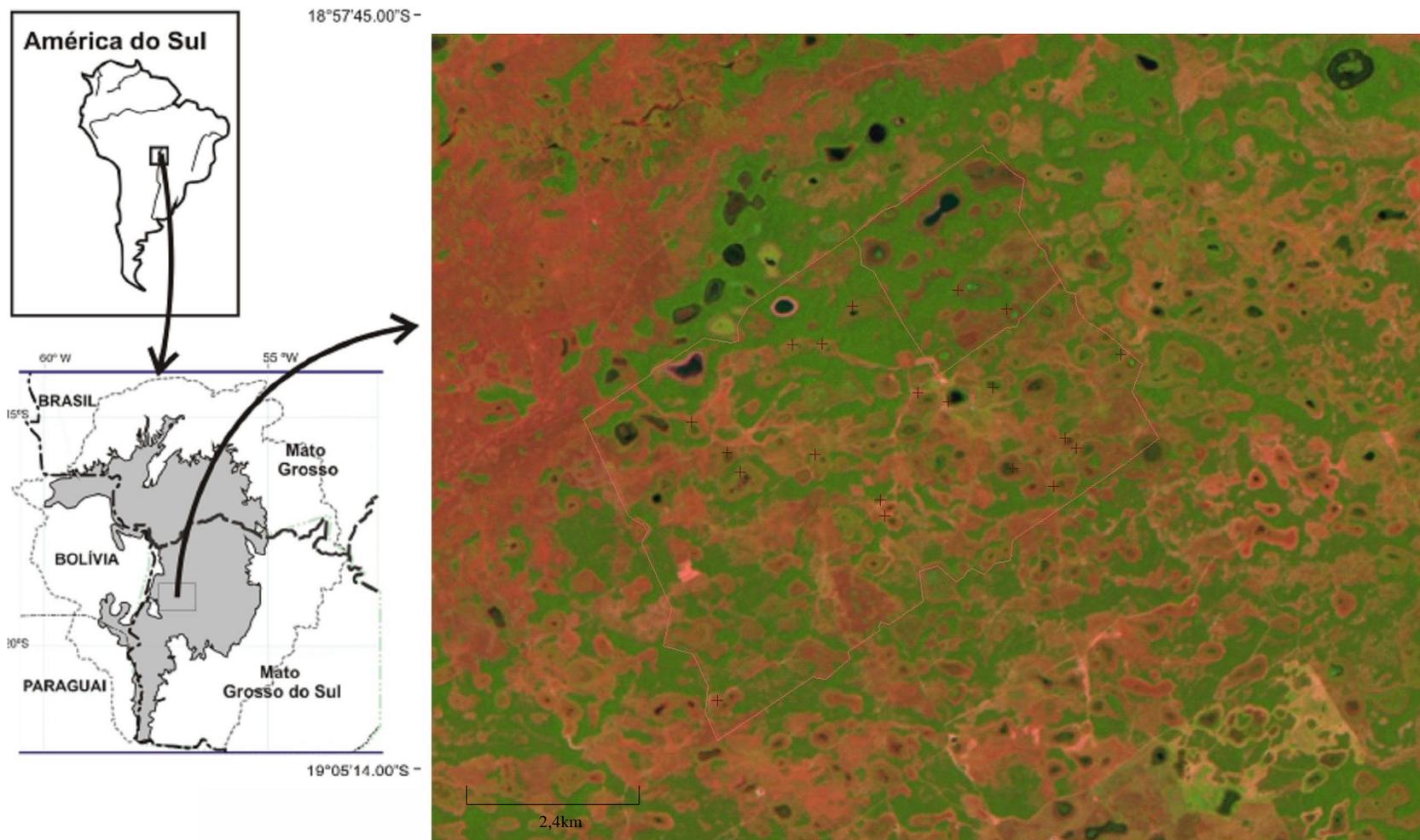


Figura 1: Localização da área de estudo. A imagem de satélite mostra a cobertura vegetal e lagoas de parte do Pantanal da Nhecolândia. As áreas delimitadas são Fazenda Nhumirim (maior) e Reserva ecológica Nhumirim (RPPN) (menor).

porcentagem de cobertura (solo, água e vegetação) foi obtida com auxílio de um quadrante de 1m², amostrado a cada 2 m² ao longo de cada transecto. O quadrante (1 m²) foi dividido em quatro quadrantes internos de 0,25 m² e a estimativa de todos os quadrantes foi realizada sempre pelo mesmo observador. Para cada lagoa, foram somados os valores dos quadrantes de todos os transectos, e a partir do somatório foram obtidos os valores proporcionais da cobertura de solo, água e vegetação. Para que a medida de cobertura vegetal refletisse também a complexidade estrutural da lagoa, a vegetação foi classificada em classes de altura: classe I: plantas <5cm, classe II: >5<20 e classe III: > 20cm de altura.

Coleta e preparo dos helmintos

Os exemplares de *L. podicipinus* foram capturados manualmente com busca ativa noturna e transportados ao laboratório, onde foram necropsiados no máximo 48 horas após a coleta. Os anuros foram mortos com solução de tiopental sódico injetável e registrados o comprimento rostro-cloacal (CRC) com paquímetro digital (precisão 0,01mm) e a massa corpórea por dinamômetros (precisão de 0,1g). Os espécimes estão depositados na coleção zoológica de referência, seção herpetologia do *campus* de Corumbá (CEUCH). Para coleta dos helmintos foram examinados os pulmões, todo trato digestório, rim, bexiga, musculatura, pele, baço e fígado. O cistacanto de Acanthocephala foi coletado, fixado em solução de AFA (álcool-formol-ácido acético) e posteriormente corado pela técnica do carmim clorídrico. Os trematódeos foram comprimidos entre lâmina e laminula e fixados com solução de AFA. Parte do material coletado foi corada pela técnica do carmim clorídrico para posterior identificação. Os nematóides foram coletados e fixados em solução de AFA aquecido. Parte do material foi submetida à clarificação pelo lactofenol de Aman. Após a fixação, todos os helmintos foram transferidos para solução de álcool 70^o GL. Dados morfométricos e fotomicrografias para identificação dos helmintos foram obtidos em sistema computadorizado para análise de imagens QWin Lite 3.1, adaptado em microscópio DMLB (Leica). Todas as análises morfológicas e morfométricas foram realizadas no Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres, Departamento de Parasitologia do Instituto de Biociências, Unesp, *Campus* de Botucatu. As amostras de helmintos foram tombadas na Coleção Helmintológica do mesmo Departamento, onde estão alocadas como material testemunho sob acronímia CHIBB.

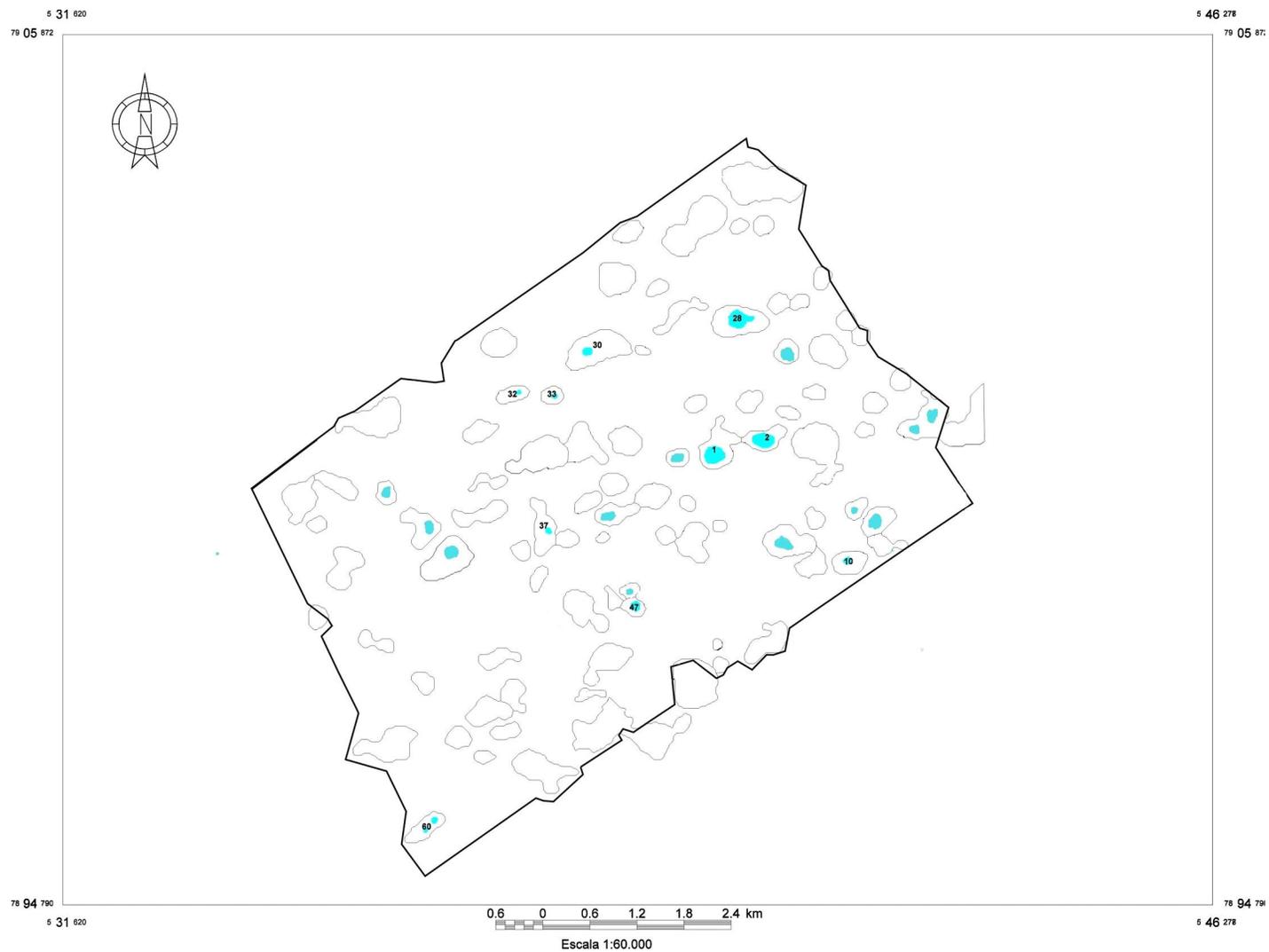


Figura 2: Distribuição das lagoas com água da Fazenda Nhumirim em novembro de 2008. As lagoas numeradas são as unidades amostrais do presente estudo.

Análises de dados

Análise de componentes principais (PCA) foi aplicada para reduzir o conjunto de dados das variáveis ambientais em um número menor de eixos que melhor representam os dados originais. Esses eixos, os componentes principais, foram obtidos a partir de uma matriz de correlação, sendo considerados apenas aqueles com auto-valores (*eigenvalues*) maiores que 1,0. O termo infracomunidade se refere à comunidade de helmintos de um indivíduo da espécie hospedeira, enquanto comunidade componente é referente à comunidade de helmintos de uma população de hospedeiros (Bush et al. 1997). Foram consideradas espécies centrais aquelas com prevalência maior que 50% (Aho 1990). Os descritores comunitários utilizados foram: riqueza parasitária, dada pelo número de espécies (ou das formas parasitárias, quando a identificação específica não foi possível, mas com segurança de que diferem dos demais taxa identificados), diversidade e equitabilidade obtidos através do Índice de Brillouin (H_B). O termo riqueza local se refere, neste estudo, à riqueza encontrada em cada lagoa e riqueza regional é a riqueza de toda região amostrada. Para obter um gradiente de variação na composição das espécies de helmintos entre as lagoas, foi aplicada a técnica de ordenação multidimensional não métrica (nMDS). A matriz de associação para a ordenação foi obtida utilizando o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis e para construção dessa matriz foram utilizados os valores relativos da frequência de ocorrência (prevalência relativa) de cada taxon em cada lagoa. As similaridades quantitativa e qualitativa entre as comunidades de helmintos foram calculadas pelos índices de similaridade de Sorensen e Jaccard, respectivamente. A relação hipotética entre características estruturais da lagoa e comunidades de helmintos foi testada através de uma regressão linear múltipla, na qual as comunidades de helmintos (representadas pelo eixo do nMDS) foram as variáveis dependentes e, as características ambientais (os componentes principais), as variáveis independentes. Para testar se as lagoas mais próximas seriam mais similares em termos de composição e abundância de espécies foi utilizado o teste de Mantel. Esse teste mede a correlação entre duas matrizes, constituídas geralmente de medidas de distância (Mantel 1967). Para isso foi construída uma matriz de associação com a distância Euclidiana entre as coordenadas geográficas de cada lagoa e foi testada a correlação dessa matriz com a matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis que continha os valores das prevalências relativas, com 1000 randomizações.

RESULTADOS

Caracterização das lagoas

A amostragem incluiu lagoas de tamanhos diversos, com valores de área variando de 0,1 até 5,4 hectares. As medidas de qualidade da água variaram moderadamente, a mais variável foi oxigênio dissolvido, seguido da temperatura, pH e salinidade (Tabela 1). Dentre as proporções de cobertura das lagoas, a porcentagem de cobertura por plantas da classe I foi a mais uniforme e a cobertura de solo a mais variável (Tabela 1). A análise de componentes principais aplicada às 12 variáveis ambientais que caracterizam estruturalmente as lagoas gerou quatro componentes principais com auto-valores (*eigenvalues*) maiores que 1,0. Esses quatro componentes representaram 92,7% da variância total dos dados. Os primeiros dois componentes principais contaram juntos para aproximadamente 65% da variância total (Figura 3) e a salinidade, pH, área, profundidade e cobertura vegetal da lagoa por plantas da classe I foram as variáveis de maior peso com correlação positiva e oxigênio dissolvido o mais negativamente relacionado (Tabela 2).

Tabela 1: Características estruturais e físico-químicas da água das lagoas da Fazenda Nhumirim, Corumbá, Mato Grosso do Sul, no final da estação seca de 2008.

	Lagoas									
	1	2	10	28	30	32	33	37	47	60
Altitude	95	99	95	103	96	94	97	100	98	95
Área(ha)	5,43	2,27	0,71	1,93	0,82	0,19	0,4	0,1	0,64	0,1
Profundidade (cm)	130	75	60	85	55	44	37	54	56	34
pH	7	6,75	6,55	7,28	7,54	6,23	6,32	6,64	5,84	6,09
T (°C)	27,6	28,5	25,5	22	30,3	27,5	24,9	23,6	20,4	25,8
Salinidade (ppt)	0,6	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2
OD (%)	1,1	0,9	1,8	2,4	14,9	1,4	4	1,6	2,7	8,8
Superfície água (%)	37,48	15,37	5,32	1,87	54,15	4,63	3,05	9,84	4,27	16,39
Superfície vegetação classe I (%)	124,54	31,93	21,88	10,81	38,61	49,05	14,63	28,52	26,29	32,46
Superfície vegetação classe II (%)	16,32	21,63	5,09	58,32	5,45	9,15	6,18	22,03	12,22	21,96
Superfície vegetação classe III(%)	19,69	30,76	65,75	28,57	0,59	30,3	69,45	33	23,7	3,96
Superfície solo (%)	1,96	0,3	1,96	0,43	1,2	6,43	6,68	6,61	33,52	25,21

Tabela 2: Peso das variáveis ambientais, autovalores (%) de variância explicada pelos dois primeiros eixos da PCA

Variável	PC 1	PC 2
Superfície água (%)	0,7465	-0,5648
Superfície vegetação classe I (%)	0,7882	-0,1313
Superfície vegetação classe II (%)	0,1153	0,763
Superfície vegetação classe III(%)	-0,3913	0,3398
Superfície solo (%)	-0,588	-0,2112
Altitude	-0,1079	0,7672

Área	0,8383	0,3178
Profundidade	0,8155	0,4558
pH	0,7464	0,1146
Temperatura	0,5846	-0,6163
OD	0,1027	-0,7205
Salinidade	0,8741	0,2738
Autovalor	4,74408	2,96287
Variância (%)	39,534	24,691

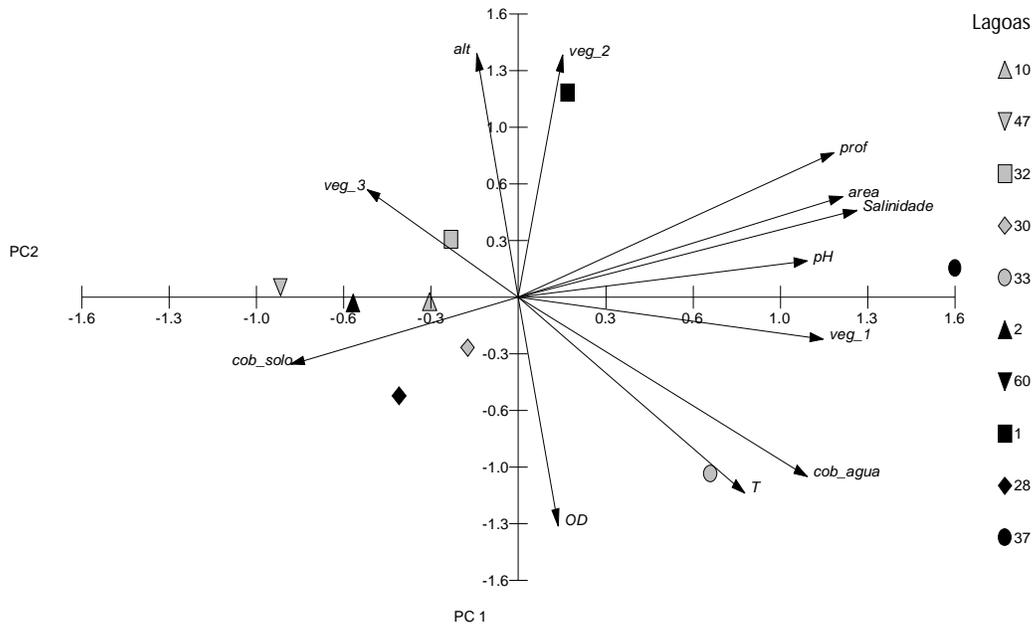


Figura 3: Distribuição das lagoas e peso das variáveis nos dois primeiros eixos da PCA

Helmintofauna de *Leptodactylus podicipinus*

Foram coletados 121 anuros (Comprimento rostro-cloacal = $28,8 \pm 3,25$ mm, peso = $2,5 \pm 0,79$ gr) e 87,6% estavam infectados por pelo menos uma espécie de helminto. A riqueza de espécies de helmintos regional foi de nove *taxa*, com uma riqueza local de no máximo seis *taxa* por lagoa e média de 2,3 (1-4) por anuro. Os nematóides da família Cosmocercidae (compreendendo *Cosmocerca podicipinus* e alguns indivíduos indeterminados) e o trematódeo *Catadiscus propinquus* foram os helmintos mais prevalentes em todas as lagoas. Por outro lado, a metacercária não identificada, embora ocorrendo em todas as lagoas, apresentou uma frequência bastante variável, sendo mais abundante nas lagoas 2,33 47, nas quais as metacercárias de Diplostomidae também ocorreram. O trematódeo *Glyphthelmins* sp., assim como o cisticanto de Acanthocephala, foram encontrados apenas na lagoa 28, que está localizada dentro da reserva ecológica. A larva de nematódeo encistada e *Rhabdias* sp. não foram encontradas em todos os corpos d'água e suas

freqüências diferiram pouco entre as lagoas (Tabela 3). A riqueza de helmintos entre as lagoas variou pouco, a lagoa com maior índice de diversidade e equitabilidade foi a lagoa 30, seguida da 47, que foi a única em que outras espécies a não ser *Catadiscus propinquus* e *Cosmocerca podicipinus* alcançaram altas prevalências e foram centrais na comunidade (Tabela 4). A composição das infracomunidades foi variável em cada comunidade componente, apresentando grande variação na similaridade entre anuros de uma mesma lagoa (Figura 4). As comunidades componentes foram relativamente semelhantes, com valores de similaridade geralmente maiores que 50%, sendo que a lagoa 28 foi a que mais diferiu das demais (Figura 5).

Relação entre as características do habitat e a comunidades componentes

A ordenação das comunidades de helmintos recuperou em uma dimensão ($r = 0,83$) o principal padrão de variação na composição de espécies entre as comunidades componentes (Figura 7), essa variação foi explicada pelas características estruturais das lagoas ($p=0,01$ considerando os três primeiros componentes principais, e $p=0,05$ considerando os quatro). Porém, a similaridade entre as lagoas não estava relacionada à distância geográfica entre elas ($r= 0,007$; $p= 0,475$).

Tabela 3: Prevalência(P), abundância média (AM) e intensidade média (IM) e sítio de infecção dos helmintos parasitas de *Leptodactylus podicipinus* de lagoas da Fazenda Nhumirim, Pantanal.

Helmintos Sítio de Infecção*	Lagoas										
	1 (n=12)	2 (n=11)	10 (n = 11)	28 (n=12)	30 (n=14)	32 (n=12)	33 (n=13)	37 (n = 12)	47 (n = 12)	60 (n=12)	
Acanthocephala											
Cistacanto de Acanthocephala PE	P (%)			8,33							
Nematoda											
Nematoda não identificado (larva encistada) M	P (%)	10		16,6			16,6	25		16,6	
<i>Cosmocerca podicipinus</i> Baker e Vaucher, 1984 ID,IG,P	P (%)	40	58,3	81,8	91,6	50	42,9	33,3	41,6	66,6	41,6
	AM ±SD	1,5±2,2	3,1±2,9	3 ± 2,72	2,5±2	1,5±1,56	1,5±2,13	0,8±1,4	1,3±2,94	1,7±1,78	1,6±2,18
	IM ±SD	3,7±1,87	5±1,9	4,1 ± 2,29	2,7±1,9	2,5±1,04	6±1,8	2,5±1,3	3,2±2,94	2,8±1,30	4±1,2
Cosmocercidae indet. E, ID, IG	P (%)	60	16,6	27,3		8,33	28,6	50	66,6	50	58,3
	AM ±SD	1,9±2,5	0,6±1,4	1,1± 2,21		0,08±0,28	0,7±1,9	1,3±1,5	2,4±3,4	1±1,97	1±1,04
	IM ±SD	3±2,5	3,5±0,7	4 ± 2,64		1	4,4±2,8	2,6±1	3,6±3,66	3,7±2,21	1,7±0,75
<i>Rhabdias</i> sp. P	P (%)			9,09		8,33		8,33		8,33	25
	AM ±SD			0,09±0,3		0,1±0,57		0,08±0,28		0,2±0,57	0,3±0,65
	IM ±SD			1		2		1		1,51±0,70	1,3±0,5
Trematoda											
<i>Catadiscus propinquus</i> Freitas e Dobbin, 1956 IG	P (%)	80	100	90,9	75	75	100	66,6	91,6	91,6	91,6
	AM ±SD	1,8±1,4	5,2±2,28	5,2±6,67	3±2,81	5,5±4,5	13,6±3,8	5±6,14	3,5±2,3	7,6±8,35	3,9±3,1
	IM ±SD	2,2±1,28	5,2±2,28	5,8±6,79	4±2,4	7,4±3,57	13,6±3,8	7,6±6	3,9±2,16	9±8,32	4,27±3,0
<i>Glypthelmins</i> sp. ID	P (%)				16,6						
	AM ±SD				0,16±0,37						
	IM ±SD				1						
Digenea (metacercária não identificada) CV, M.	P (%)	10	16,6	9,09	16,6	8,33	64,3	41,6	8,33	50	25
Diplostomidae (metacercária) CV, E, ID, IG, P.	P (%)						28,6	33,3		66,6	

* Sítios de infecção: CV - cavidade corporal, E – estômago, ID – intestino delgado, IG – intestino grosso, M – mesentério, P – pulmões, PE – parede do estômago.

Tabela 4: Caracterização quantitativa das comunidades componentes de helmintos parasitas de *Leptodactylus podicipinus* das lagoas da Fazenda Nhumirim, Corumbá, MS, no final da estação seca de 2008.

Lagoa	Riqueza de Espécies	Índice de Brillouin (H')	Equitabilidade	Número de espécies centrais
1	5	1,347	0,859	2
2	6	1,577	0,903	2
10	5	1,214	0,776	2
28	5	1,224	0,795	2
30	5	1,743	0,927	2
32	5	1,136	0,735	2
33	4	1,086	0,813	2
37	6	1,523	0,877	2
47	6	1,62	0,924	5
60	5	1,215	0,777	2

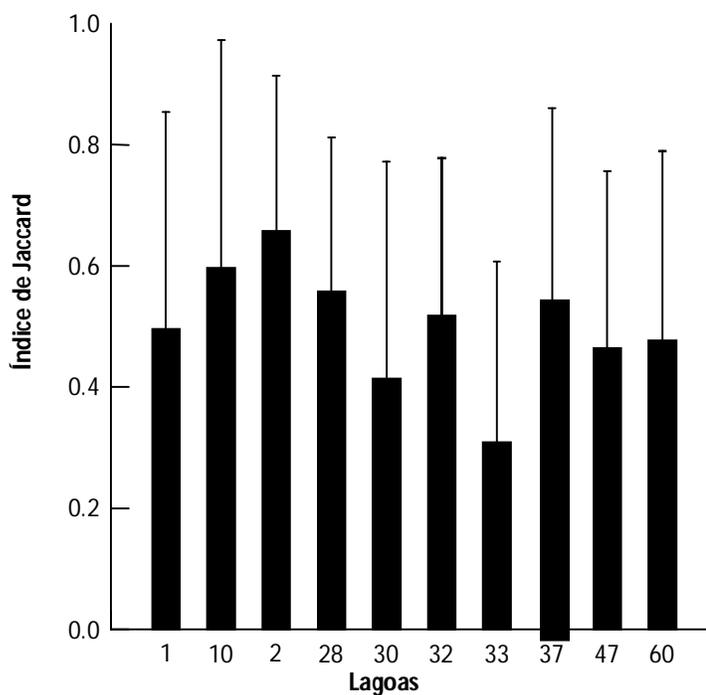


Figura 4: Valores médios e desvio padrão do índice de Jaccard das infracomunidades de helmintos parasitas de *Leptodactylus podicipinus* das lagoas da Fazenda Nhumirim, Corumbá, MS, no final da estação seca de 2008.

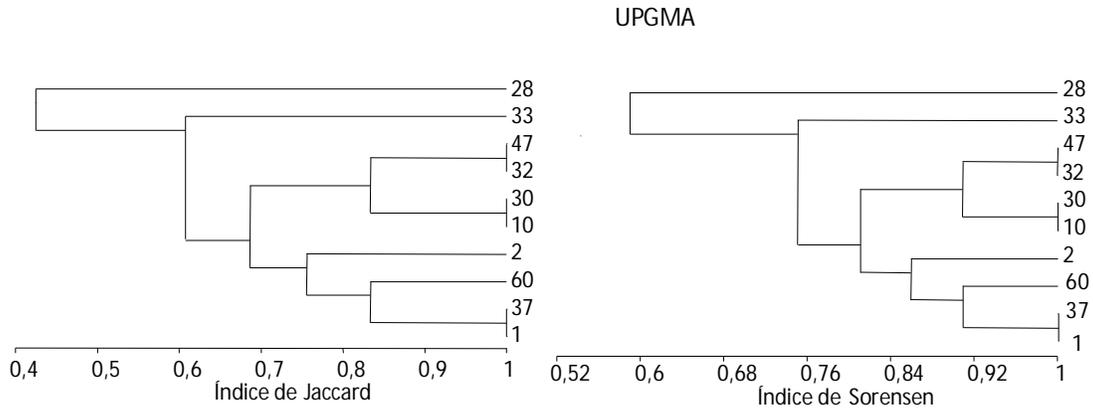


Figura 5: Dendrograma da análise de agrupamento dos índices de similaridade das comunidades componentes de helmintos parasitas de *Leptodactylus podicipinus* provenientes de dez lagoas da Fazenda Nhumirim, Corumbá, MS no final da estação seca de 2008.

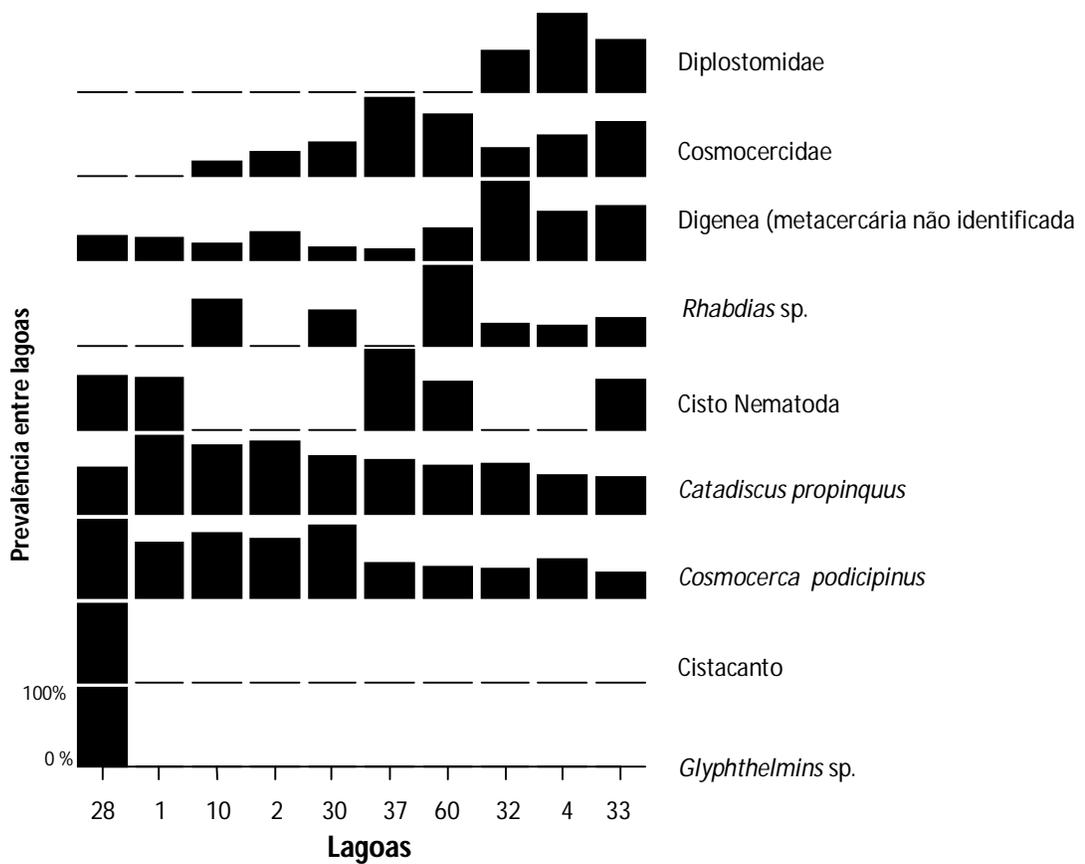


Figura 7: Ordenação direta das prevalências relativas dos helmintos que parasitam *Leptodactylus podicipinus* em lagoas da Fazenda Nhumirim, Corumbá, MS.

DISCUSSÃO

Helmintofauna de *L. podicipinus*

Leptodactylus podicipinus coletados na Fazenda Nhumirim apresentaram uma riqueza regional relativamente alta, visto que outras espécies de *Leptodactylus* investigados por Goldberg et al. (2009) estavam infectadas por no máximo sete taxa de helmintos. Por outro lado, *L. melanonotus* procedentes do México (Goldberg 2002), e *L. chaquensis* (Hamann et al. 2006a) e *L. latinasus* (Hamann et al. 2006b) da Argentina tiveram uma riqueza parasitária mais expressiva, sendo que *L. latinasus*, com tamanho médio similar ao de *L. podicipinus*, foi reportado como hospedeiro de 17 taxa de helmintos (Hamann et al. 2006b).

Apenas *Cosmocerca podicipinus* e *Catadiscus propinquus* foram anteriormente reportados como parasitas de *L. podicipinus* (Baker e Vaucher 1984; Campião et al. 2009). Essas espécies já foram reportadas para outras espécies hospedeiras (Burse et al. 2001; Goldberg e Bursey 2003; Kehr et al. 2003; Gonzalez e Hamann 2004; Hamann et al. 2006a; Goldberg e Bursey 2008) corroborando o padrão descrito para comunidades de helmintos de anfíbios, que são compostas por espécies parasitas generalistas (Aho 1990; Barton 1999; Bursey et al. 2001).

Por outro lado, não observamos nenhum padrão evidente estruturando as infracomunidades, uma vez que houve muita variação entre indivíduos hospedeiros de uma mesma lagoa. Embora alguns estudos apontem o tamanho do hospedeiro como um fator de influência para as infracomunidades (Bolek e Coggins 2000, 2001, 2003; Hamann et al. 2006a; Hamann et al. 2006b), os padrões e processos determinantes na estrutura das mesmas permanecem pouco previsíveis (Poulin 2007), uma vez que os parasitas se distribuem de forma desigual entre indivíduos de uma mesma população (Aho 1990). Contudo, Campião et al (2009) encontraram uma riqueza de espécies significativamente maior em indivíduos adultos de *L. podicipinus* do que nos jovens, sugerindo que para este hospedeiro a idade é um fator importante na estruturação da comunidade de parasitas. A idade do hospedeiro é importante porque envolve mudanças na imunocompetência, dieta, comportamento e tempo de exposição a formas parasitárias (Esch 1990, Muzzall 2001, McAlpine 1997).

Dentre os helmintos encontrados nos exemplares de *L. podicipinus*, os acantocéfalos são os menos frequentes em anfíbios (Smales 2007). A infecção ocorre por transmissão trófica, quando o hospedeiro definitivo ingere o hospedeiro intermediário, que é geralmente um invertebrado (Kennedy 2006), os anfíbios podem atuar como hospedeiro definitivo (Smales 2007; Pinhão et al. 2010) ou segundo hospedeiro intermediário (Smales 2007), como foi caso de *L. podicipinus*.

Embora *Cosmocerca podicipinus* seja o primeiro helminto parasita descrito para *L. podicipinus* (Baker e Vaucher 1984), este nematóide foi reportado como espécie dominante em muitos outros hospedeiros, incluindo répteis, em vários países neotropicais (Burse et al. 2001; Goldberg e Bursey 2003; Gonzalez e Hamann 2004; Hamann et al. 2006a; Goldberg e Bursey 2008). É importante destacar que muitos dos helmintos reportados como Cosmocercidae indet., muito provavelmente são *Cosmocerca podicipinus*, mas a identificação em nível de espécie só foi efetuada quando havia machos na amostra, uma vez que existe certa sobreposição nas características morfométricas de fêmeas congêneras pertencentes a esta família. A infecção dos hospedeiros por *Cosmocerca podicipinus* ocorre através da penetração ativa de larvas infectantes pela pele, a larva então migra para o intestino onde atinge o estágio adulto e libera ovos larvados com as fezes do hospedeiro e se desenvolvem no solo até o estágio de larva infectante.

De modo semelhante ocorre a infecção por *Rhabdias* spp., porém esses últimos alternam entre um ciclo de vida livre e outro parasitário, sendo que apenas as fêmeas partenogenéticas atuam como parasitas e infectam os pulmões de seus hospedeiros (Anderson 2000).

Catadiscus propinquus e *Glythelmins* sp. foram os únicos trematódeos nos quais *L. podicipinus* atuou como hospedeiro definitivo. Os trematódeos digenéticos requerem um molusco como hospedeiro intermediário para completar seu ciclo de vida e os anfíbios podem atuar como hospedeiro definitivo ou intermediário/paratênico (Esch et al. 2002). O ciclo de vida das espécies de *Catadiscus* não é conhecido, mas é provável que ocorra pela ingestão da larva infectante (Hamann 2004). Kehr et al. (2003) reportam uma espécie de *Catadiscus* como um dos parasitas dominantes em girinos de *Pseudis paradoxa* coletados na Argentina e observaram ainda que, dos dois corpos d'água amostrados, este trematódeo só foi encontrado naquele em que os caramujos foram muito abundantes. Assim como em *L. podicipinus*, *Catadiscus propinquus* foi registrado como espécie dominante também em *Lysapsus limellus* coletados na Argentina (Kehr et al. 2000).

Por outro lado, a forma imatura de *Glythelmins* sp. foi encontrada em baixa prevalência e em apenas uma das localidades. É provável que seja *Glythelmins palmipedis*, reportado como um dos helmintos mais prevalentes em rãs *Pseudis platensis* (Hylidae) procedentes da mesma região (Campião et al. 2010). *Pseudis platensis* e *L. podicipinus*, embora simpátricos, tem hábitos distintos na fase adulta, sendo aquático e terrestre, respectivamente. Esses dados induzem a sugerir que, *L. podicipinus* não é um hospedeiro preferencial para *Glythelmins* spp. e que o hábito mais terrestre de *L. podicipinus* pode desfavorecer a infecção por esses parasitas.

As metacercárias de Diplostomidae, não encistadas, foram encontradas em praticamente todos os órgãos e cavidade abdominal do anuro. O hospedeiro definitivo desses parasitas é provavelmente uma ave ou mamífero (Niewiadomska 2002). Foi registrado um tipo de metacercária não identificada, mas diferente dos Diplostomidae mencionados, essa metacercária encontrava-se encistada na cavidade abdominal e musculatura do fêmur. Apesar desses registros serem raros no Brasil, metacercárias em outras espécies de anfíbios tem sido amplamente reportados (Hamann e Kehr 1999; Gilliland e Muzzall 2002; Hamann et al. 2006a; Hamann e Gonzalez 2009) sugerindo esses metazoários como um importante componente nas comunidades parasitárias de anfíbios.

Este estudo reporta pelo menos quatro espécies de parasitas em que *L. podicipinus* atua como hospedeiro intermediário ou paratênico, nos quais a infecção envolve a interação trófica do hospedeiro com outras espécies. É interessante destacar que, parasitas utilizam interações predador-presa para completar seu ciclo de transmissão e podem afetar a estabilidade, força de interação e fluxo de energia nas cadeias alimentares (Laffert et al. 2008).

Relação entre a comunidade de helmintos e as características ambientais

A variação entre as comunidades de helmintos de diferentes lagoas mostra a influência da variação nas condições locais na estrutura das comunidades. O presente estudo reforça as conclusões de Kehr et al. (2000, 2003) de que a taxa em que o hospedeiro é infectado e a persistência da infecção dependem fortemente da variação nas condições ambientais. O tipo de corpo d'água foi o fator de maior influência na estruturação das comunidades de helmintos de *Lysapsus limellus* da Argentina (Kehr et al. 2000), fato também observado para *Leptodactylus podicipinus* da Fazenda Nhumirim (esse estudo). Resultados semelhantes foram obtidos por Kehr et al. (2003) ao avaliar a comunidade de helmintos de *Pseudis paradoxa* provenientes de duas diferentes lagoas, na Argentina.

A área, profundidade, cobertura vegetal por plantas da classe I e cobertura de solo estiveram entre as variáveis mais relacionadas ao primeiro componente da PCA. Essas variáveis refletem parte da complexidade e heterogeneidade ambiental das lagoas, que influenciam direta ou indiretamente a parasitofauna. As comunidades parasitárias podem refletir as condições ambientais e a diversidade dos organismos de vida livre, porque os parasitas dependem deles para transmissão e reprodução (Marcogliese 2004; Hechinger e Lafferty 2005). A abundância de plantas aquáticas da lagoa pode influenciar nas taxas de infecção de parasitas com estágios infectantes aquáticos, como trematódeos, porque a ausência de vegetação pode aumentar o sucesso

de encontro entre parasitas e hospedeiros (Beasley et al. 2005). Da mesma forma, podemos inferir que lagoas secas (predomínio de solo) favoreceriam parasitas com estágios infectantes de solo, como os Nematoda.

A salinidade também foi um dos fatores mais relacionados ao primeiro componente da PCA. Estudos tem mostrado que as variáveis abióticas naturais do ambiente, como a salinidade, e também a temperatura, concentração de hidrogênio e oxigênio dissolvido afetam a ocorrência temporal e espacial dos parasitas. Isto, porque os estágios de vida livre dos helmintos endoparasitas apresentam um limite de tolerância fisiológica às condições físicas e químicas do ambiente e sua distribuição é influenciada também por essas variáveis (Pietroock e Marcogliese 2003; Thieltges et al. 2008). Ainda assim, os efeitos da variação na salinidade são conhecidos principalmente em parasitas de organismos marinhos (Pietroock e Marcogliese 2003; Koprivnikar e Poulin 2009), sendo ambientes de água doce pouco estudados até o momento.

O oxigênio dissolvido estava fortemente relacionado ao segundo componente principal. Embora não se conheça a influência direta dos níveis de oxigênio dissolvido em endoparasitos, altas concentrações de oxigênio dissolvido estão associadas à produção primária da lagoa, que por sua vez está associada à abundância de algas. A ocorrência de algas pode afetar positiva ou negativamente o sucesso de transmissão de algumas espécies de helmintos (ver Thieltges et al. 2008). O aumento de algas também implica na proliferação de organismos que servem como hospedeiros intermediários para algumas espécies parasitas (Mackenzie 2007).

O pH teve também um peso significativo nos eixos extraídos pela PCA. A resposta de endoparasitos a variações na concentração de hidrogênio é conhecida, porém não uniforme; diferentes grupos de parasitas respondem de forma particular a variações no pH (Pietroock e Marcogliese 2003). Por outro lado, os efeitos indiretos do aumento nas concentrações de hidrogênio tem apresentado um padrão relativamente previsível, ao menos nos trematódeos. Níveis altos de pH favorecem o aumento de moluscos, que são necessários no ciclo de vida dos Trematoda, essa maior oferta de hospedeiros intermediários causa também uma maior proliferação dos parasitas (Lafferty 1997; Johnson e Chase 2004; Mackenzie 2007).

Lagoas de áreas não florestadas, principalmente de campos de pastagens, tem níveis de pH mais altos e tendem a se tornar eutróficos, em parte por causa da redução da deposição ácida da serapilheira, e ainda, por receber nutrientes extras provenientes das excretas dos animais e pelo aumento da temperatura devido ao aumento de incidência de radiação solar (Shigaki et al. 2006; Mckenzie 2007). O estabelecimento de áreas de pastagens está associado a muitas mudanças ambientais (Mackenzie 2007), e entre elas, a mudança na qualidade da água tem os efeitos mais profundos nas doenças infecciosas (Patz et al. 2004). Assim, em termos

gerais, a eutrofização esta associada a um aumento de infecção por trematódeos, particularmente em vertebrados aquáticos (Lafferty e Holt 2003; Johnson e Chase 2004; Mackenzie 2007). A Fazenda Nhumirim apresenta um gradiente entre áreas de mata e campos de pastagem e, potencialmente, as lagoas inseridas nos campos com manejo de gado tenderiam à eutrofização. Isto explicaria o fato de algumas lagoas, como a 32 e a 47, apresentarem altas prevalências de três, dos quatro Trematoda encontrados neste estudo. Entretanto, para constatação de corpos d'água eutróficos são necessários estudos mais apurados, que avaliem características físico-químicas específicas.

A importância das condições ecológicas locais na estrutura das comunidades de helmintos tem sido enfatizada em muitos estudos (Aho 1990; McAlpine 1997; Muzzal 2001; Goldberg et al. 2001; Hamann 2006). Em uma revisão sobre os padrões nas comunidades de helmintos de anfíbios e répteis, Aho (1990) concluiu que a riqueza regional não contribuiu significativamente na determinação da riqueza local para nenhum dos taxa examinados, demonstrando que as comunidades podem potencialmente indicar variações ambientais. Mesmo assim, a distribuição das frequências de ocorrências entre as lagoas foi relativamente uniforme para *Catadiscus propinquus* e *Cosmocerca podicipinus*, que foram os helmintos mais prevalentes e abundantes (centrais) em todas as lagoas. A presença e abundância uniformes dessas espécies centrais foi determinante para a alta similaridade entre as comunidades. De forma geral, parasitas que alcançam altas prevalências localmente, tendem mesmo a ocorrer em um grande número de localidades em uma região geográfica (Poulin 2007). Foi proposto por Poulin (2006) que a prevalência, abundância e intensidade de infecção, embora um tanto variáveis, seriam atributos das espécies. Esta conclusão apóia a idéia de que as características biológicas das espécies podem potencialmente superar condições ambientais locais na condução da dinâmica populacional do parasita (Poulin 2006). Os dados deste estudo corroboram essa hipótese para *Catadiscus propinquus* e *Cosmocerca podicipinus*, uma vez que essas foram espécies dominantes em todas as lagoas.

Ao contrário do que esperávamos, não houve relação significativa entre as dissimilaridades das comunidades componentes e a distância entre as lagoas. Assim como previsto na teoria de ilhas (MacArthur e Wilson 1967), a similaridade entre pares de comunidades componentes deve ser inversamente proporcional à distância geográfica entre elas (Poulin 2003), ou seja, comunidades componentes de lagoas mais próximas seriam mais similares. Esse resultado reitera que os fatores biogeográficos, ou riqueza regional, que é determinada pela dispersão das espécies não foi importante na determinação das comunidades de helmintos, destacando assim, os fatores locais como principais determinantes desta estrutura. Além das condições

ambientais, outro fator local que poderia afetar a abundância e distribuição dos helmintos seria as interações inter e intraespecíficas, entretanto, essas interações parecem ser pouco expressivas nas comunidades de helmintos de anfíbios (Aho 1990).

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo apontaram a variação nas condições ambientais como um importante fator influenciando a comunidade de helmintos parasitas. A partir disto, duas conclusões se tornam particularmente evidentes, a primeira é que a influência das dinâmicas internas nas lagoas superaram a influência da proximidade e conectividade entre elas e que os fatores locais foram mais importantes que os regionais na determinação das comunidades parasitárias de *L. podicipinus*. A segunda, é que os helmintos responderam a variações, mesmo que moderadas, nas características das lagoas, indicando que comunidades parasitárias podem de fato servir como bons indicadores das condições ambientais.

REFERÊNCIAS

- Adami M, Freitas RM, Padovani CR, Shimabukuro YE, Moreira MA (2008) Estudo da dinâmica espaço-temporal do bioma Pantanal por meio de imagens MODIS. *Pesqui. Agropecu Brás* 43, n.10, p.1371-1378
- Aho JM (1990) Helminth communities of amphibians and reptiles: comparative approaches to understanding patterns and process. In: Esch GW, Bush AO and Aho JM (ed.) *Parasite Communities Patterns and Process*. Chapman and Hall, London and New York, pp. 157-190
- Anderson RC (2000) *Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission*. 2nd edn. CABI Publishing. New York
- Baker MR, Vaucher GC (1984) Parasitic helminths from Paraguay VI: *Cosmocerca* Diesing, 1861 (Nematoda: Cosmocercoidea) from frogs. *Rev Suisse Zool* 91: 925–934
- Barton DP (1999) Ecology of helminth communities in tropical Australian amphibians. *International J Parasitol* 29: 921–926
- Beasley VR, Faeh SA, Wikoff B, Eisold J, Nichols D, Cole R, Schotthoefer AM, Staehle C, Greenwell M, Brown LE (2005) Risk factors and the decline of the northern cricket frog, *Acris crepitans*: Evidence for involvement of herbicides, parasitism, and habitat modifications. In *Amphibian declines: The conservation status of United States species*, M. J. Lannoo (ed.). University of California Press, Berkeley, California, pp 75–86

- Blaustein AR, Johnson PT (2003) The complexity of deformed amphibians. *Front Ecol Environ* 1:87–94
- Bolek MG, Coggins JR (2000) Seasonal occurrence and community structure of helminth parasites from the Eastern American toad *Bufo americanus americanus*, from Southeastern Wisconsin, U.S.A. *Comp Parasitol* 67:202-209
- Bolek MG, Coggins JR (2001) Seasonal occurrence and community structure of helminth parasites in green frogs, *Rana clamitans melanota*, from Southeastern Wisconsin, U.S.A. *Comp Parasitol* 68:164-172
- Bolek MG, Coggins JR (2003) Helminth community structure of sympatric eastern American toad, *Bufo americanus americanus*, northern leopard frog, *Rana pipiens*, and blue-spotted salamander, *Ambystoma laterale*, from southeastern Wisconsin. *J Parasitol* 89:673–680
- Brooks DR, León-RPgagnon V, McLennan DA, Zelmer D (2006) Ecological fitting as a determinant of the community structure of platyhelminth parasites of anurans. *Ecology* 87:76–85
- Burse CR., Goldberg SR, Parmelee JR (2001) Gastrointestinal helminths of 51 species of anurans from Reserva Cuzco Amazónico, Peru. *Comp Parasitol* 68:21–35
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J Parasitol* 83:575-583
- Campião KM, Silva RJ, Ferreira VL (2009) Helminth parasites of *Leptodactylus podicipinus* (Anura: Leptodactylidae) from Southeastern Pantanal, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. *J Helminthol* 83:345-349
- Campião KM, Silva RJ, Ferreira VL (2010) Helminth component community of the paradoxal frog *Pseudis platensis* Gallardo, 1961 (Anura: Hylidae) from south-eastern Pantanal, Brazil. *Parasitol Res* 106:549-552
- Christin MS, Menard L, Gendron AD, Ruby S, Cyr D, Marcogliese DJ, Rollins-Smith L, Fournier M (2004) Effects of agricultural pesticides on the immune system of *Xenopus laevis* and *Rana pipiens*. *Aquat Toxicol* 67:33–43
- Cornell HV, Lawton JH (1992) Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *J Anim Ecol* 61:1-12
- Esch GW, Shostak AW, Marcogliese DJ, Goater TM (1990) Patterns in helminth parasites communities: an overview. In: Esch GW, Bush AO and Aho JM (ed.) *Parasite Communities Patterns and Process*. Chapman

- and Hall, London and New York, pp. 157-190
- Esch GW, Barger MA, Fellis KJ (2002) The Transmission of Digenetic Trematodes: Style, Elegance, Complexity. *Integ Comp Biol* 42:304–312
- Goater TM, Goater CP (2001). Ecological monitoring and assessment network: Protocols for measuring biodiversity: Parasites of amphibians and reptiles. <http://www.emanrese.ca/eman/ecotools/protocols/terrestrial/herpparasites/intro.htm>
- Goldberg SR; Bursey CR, Gergus EAW (2001) Helminth Communities of Subpopulations of the Pacific Treefrog, *Hyla regilla* (Hylidae), from Baja California, México. *Southwest Nat* 46:223-230
- Goldberg SR, Bursey CR, Salgado-Maldonado G, Báez R, Cañeda C (2002) Helminth Parasites of Six Species of Anurans from Los Tuxtlas and Catemaco Lake, Veracruz, México. *Southwest Nat* 47: 293-299
- Goldberg SR, Bursey CR (2003) Helminths of two anuran species, *Atelopus spurrelli* (Bufonidae) and *Dendrobates histrionicus* (Dendrobatidae), from Colombia, South America. *Parasit Int* 52:251–253
- Goldberg SR, Bursey CR (2008) Helminths from 10 species of Brachycephalid frogs (Anura: Brachycephalidae) from Costa Rica. *Comp Parasit* 75:255-262
- Goldberg SR; Bursey CR, Caldwell JP, Shepard DB (2009) Gastrointestinal Helminths of Six Sympatric Species of *Leptodactylus* from Tocantins State, Brazil. *Comp Parasit* 76: 258-266
- González CE, Hamann MI (2004) Primer registro de *Cosmocerca podicipinus* Baker y Vaucher, 1984 (Nematoda, Cosmocercidae) en *Pseudopaludicola falcipes* (Hensel, 1867) (Amphibia, Leptodactylidae) en Argentina. *Facena* 20: 65-72.
- Gilliland MG, MUZZALL PM (2002) Amphibians, trematodes, and deformities: An overview from southern Michigan. *Comp Parasit* 69: 81–85
- Graham CH, Moritz C; Williams SE (2006) Habitat history improves prediction of biodiversity in rainforest fauna. *PNAS* 103:632 – 636
- Hamann MI (2004) Seasonal maturation of *Catadiscus propinquus* (Digenea: Diplodiscidae) in *Lysapsus limellus* (Anura: Pseudidae) from an argentinean subtropical permanent pond. *Physis* 59:29-36.
- Hamann MI (2006) Seasonal maturation of *Glypthelmins vitellinophilum* (Trematoda: Digenea) in *Lysapsus limellus* (Anura: Pseudidae) from an Argentinian subtropical permanent pond. *Braz J Biol* 66:85-93

- Hamann MI, Kehr AI (1999) Relaciones ecológicas entre metacercarias (Diplostomatidae) y *Lysapsus limellus* Cope 1862 (Anura, Pseudidae), en una población local. *Facena* 15: 39-46
- Hamann MI, González CE (2006)a Species affinity and infracommunity ordination of helminths of *Leptodactylus chaquensis* (Anura: Leptodactylidae) in two contrasting environments from northeastern Argentina. *J Parasitol* 92: 1171–1179
- Hamann MI, González CE, Kehr AI (2006)b Helminth community structure of the oven frog *Leptodactylus latinasus* (Anura, Leptodactylidae) from Corrientes, Argentina. *Acta Parasitol* 51: 294–299
- Hamann MI, González CE (2009) Larval digenetic trematodes in tadpoles of six amphibian species from northeastern Argentina. *J Parasitol* 95:623–628.
- Harris MB, Tomas WM, Mourão G, Silva C, Guimarães E, Sonoda F, Fachim E (2005) Desafios para proteger o Pantanal brasileiro: ameaças e iniciativas de conservação. *Megadiversidade* 1:156-164
- Hechinger RF, Lafferty KD (2005) Host diversity begets parasite diversity: bird final hosts and trematodes in snail intermediate hosts. *P Roy Soc Lond* 272:1059–1066
- Johnson PTJ, Chase JM (2004) Parasites in the food web: linking amphibian malformations and aquatic eutrophication. *Ecol Lett* 7:521–526
- Johnson PTJ, Lunde KB, Ritchie EG, Launer AE (1999) The effect of trematode infection on amphibian limb development and survivorship. *Science* 284:802–804.
- Johnson PTJ, Lunde KB, Thurman EM, Ritchie EG, Wray SN, Sutherland DR, Kapfer JM, Frest TJ, Bowerman J, Blaustein AR (2002) Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecol Monogr* 72:151–168
- Junk WJ, Silva C (1999) Conceito do pulso de inundação e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. In: *II Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal. Manejo e Conservação*. Embrapa Pantanal, Corumbá, MS: 17-28.
- Kehr AI, Manly BFJ, Hamann MI (2000) Coexistence of helminth species in *Lysapsus limellus* (Anura: Pseudidae) from an Argentinean subtropical area: influence of biotic and abiotic factors. *Oecol* 125:549–558.
- Kehr AI, Hamann MI (2003) Ecological aspects of parasitism in the tadpole of *Pseudis paradoxa* from Argentina. *Herpetol Rev* 34:336-341.
- KENNEDY CR (2006) *Ecology of the Acanthocephala*. Cambridge University Press, New York, pp 248

- Koprivnikar J, Baker RL, Forbes MR (2006) Environmental factors influencing trematode prevalence in grey tree frog (*Hyla versicolor*) tadpoles in southern Ontario. *J Parasit* 92:997-1001
- 105: 957-965
- Koprivnikar J, Forbes MR, Baker RL (2007) Contaminant effects on host-parasite interactions: atrazine, frogs and trematodes. *Environ Toxicol Chem* 26:2166-2170
- Koprivnikar J, Poulin R (2009) Effects of temperature, salinity, and water level on the emergence of marine cercariae. *Parasitol Res* 105:957-965
- Kuris AM (1997) Host behavior modification: an evolutionary perspective. In: Beckage, N.E. (ed), *Parasites and Pathogens: Effects on Host Hormones and Behavior*. Chapman and Hall, New York, pp 293-315
- Lafferty KD (1997) Environmental parasitology: what can parasites tell us about human impacts on the environment? *Parasitol Today* 13:251-255
- Lafferty KD, Holt RD (2003) How should environmental stress affect the population dynamics of disease? *Ecol Lett* 6:654-664
- Lafferty KD, Allesina S, Arim M, Briggs CJ, De Leo G, Dobson AP, Dunne JA, Johnson PTJ, Kuris AM, Marcogliese DJ, Martinez ND, Memmott J, Marquet PA, McLaughlin JP, Mordecai EA, Pascual M, Poulin R, Thieltges DW (2008) Parasites in food webs: the ultimate missing links. *Ecol Lett* 11:533-546
- MacArthur RH, Wilson ED (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University, New Jersey.
- Mantel NA. (1967) The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res.* 27:209-20.
- Marcogliese DJ (2004) Parasites: small players with crucial roles in the ecological theatre. *Ecohealth* 1:151-164.
- Marcogliese, DJ. 2005. Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health? *Int J Parasitol* 35: 705-716
- McAlpine FD (1997) Helminth communities in bullfrogs (*Rana catesbeiana*), green frogs (*Rana clamitans*), and leopard frogs (*Rana pipens*) from New Brunswick, Canada. *Can J Zool* 75:1883-1890
- McKenzie JV (2007) Human land use and patterns of parasitism in tropical amphibian hosts. *Biol Conserv* 137:102-116

- Muzzall PM, Gilliland MG, Summer CS, Mehne CJ (2001) Helminth communities of green frogs *Rana clamitans* Latreille, from Turkey Marsh, Michigan. *J Parasit*, 87:962–968
- Neiff JJ, Poi de Neiff ASG (2003) Connectivity processes as a basis for the management of aquatic plants. In: Thomaz ST, Bini MB (eds.) *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. EDUEM, Maringá, pp 39-58.
- Niewiadomska K (2002) A. Superfamilia Diplostomoidea Poirrier, 1886. In: Gibson DI, Jones A, Brayet RA (eds.). *Keys to the Trematoda*. CABI Publishing, London, pp 521
- Oliveira MD, Calheiros DF (2000) Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiologia* 427:102-112
- Ouellet MJ, Bonin J, Rodrigue J, DesGranges J, Lair J (1997) Hindlimb deformities (ectromelia, ectrodactyly) in free living anurans from agricultural habitats. *J Wildlife Dis* 33:95-104
- Patz JA, Daszak P, Tabor GM, Aguirre AA, Pearl M, Epstein J, Wolfe ND, Kilpatrick AM, Foutopoulos J, Molyneux D, Bradley DJ (2004) Unhealthy landscapes: policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. *Environ Health Persp* 112:1092–1098
- Pietrock M, Marcogliese DJ (2003) Free-living endohelminth stages: at the mercy of environmental conditions. *Trends Parasitol* 19:293-299
- Pinhão R, Wunderlich AC, Anjos LA, Silva RJ (2010) Helminths of toad *Rhinella icterica* (Bufonidae), from the municipality of Botucatu, São Paulo State, Brazil. *Neotropical helminthology*, *in press*.
- Por FD (1995) *The Pantanal of Mato Grosso (Brazil): Worlds Largest Wetlands*. Kluwer Academic Publisher, Monographiae Biologicae 73, Dordrecht/Boston/London.
- Pott A, Pott VJ (2004) Features and conservation of the Brazilian Pantanal wetland. *Wetlands Ecol Manage* 12:547–552
- Poulin R (2003) The decay of similarity with geographical distance in parasite communities of vertebrate hosts. *J Biogeogr* 30:1609-1615
- Poulin R (2006) Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites. *Parasitology* 132:143-151
- Poulin R (2007) Are there general laws in parasite ecology? *Parasit* 134:763-776

- Prado AL, Heckman CW, Martins FR (1994) The seasonal succession of biotic communities in wetlands of the tropical wet-and-dry climate zone: II The aquatic macrophyte vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Int. Revue Ges. Hydrobiology* 79:569-589.
- Prado CPA, Uetanabaro M, Lopes FS (2000) Reproductive strategies of *Leptodactylus podicipinus* in the Pantanal, Brasil. *J Herpetolol* 34:135–139
- Price PW (2003) *Macroevolutionary Theory on Macroecological Patterns*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Rodela LG (2006) Unidades de vegetação e pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. *Tese de Doutorado*. 252p. USP, São Paulo, SP.
- Rodela LG, Queiroz Neto JP (2007) Estacionalidade do Clima no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rev Bras Cartografia* 59:101-113
- Rodrigues D.J, Uetanabaro M, Prado CPA (2004) Seasonal and ontogenetic variation in diet composition of *Leptodactylus podicipinus* (Anura, Leptodactylidae) in the southern Pantanal, Brazil. *Rev Esp Herpetol* 18:19-28
- Scott M (1988) The Impact of Infection and Disease on Animal Populations: Implications for Conservation Biology. *Conserv Biol* 2:40-56
- Shigaki F, Sharpley A, Prochnow LI (2006) Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: Options for the future. *Sci Agricola* 63:194–209
- Silva JSV, Abdon MM (1998) Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. *Pesqui Agropecu Bras* 33:1703–1717
- Smales LR (2007) Acanthocephala in amphibians (Anura) and reptiles (Squamata) from Brazil and Paraguay with description of a new species. *J Parasitol* 93:392-398
- Soriano BMA, Alves MJM (2005) Boletim agrometeorológico ano 2002 para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Embrapa Pantanal – Documentos* 76: 28pp
- Swartz FA (2000) The Land of the Great Heartbeat. *The world and I* 15: 156-163
- Thieltges DW, Jensen KT, Poulin R (2008) The role of biotic factors in the transmission of free-living endohelminth stages. *Parasitol* 135:407–426
- Travassos L, Freitas JFT, Kohn A (1969) Trematódeos do Brasil. *Mem I Oswaldo Cruz* 67:1–886