



Universidade de Brasília

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**DIVERSIDADE DA FAUNA DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA)
ASSOCIADA À MACRÓFITAS EM ÁREAS ÚMIDAS NATURAIS DO CERRADO DO
BRASIL CENTRAL**

FRANCISCO DIOGO ROCHA SOUSA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

2012



Universidade de Brasília

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**DIVERSIDADE DA FAUNA DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA)
ASSOCIADA À MACRÓFITAS EM ÁREAS ÚMIDAS NATURAIS DO CERRADO DO
BRASIL CENTRAL**

Francisco Diogo Rocha Sousa

Dissertação de Mestrado

2012

**DIVERSIDADE DA FAUNA DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA)
ASSOCIADA À MACRÓFITAS EM ÁREAS ÚMIDAS NATURAIS DO CERRADO DO
BRASIL CENTRAL**

Francisco Diogo Rocha Sousa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia sob orientação dos professores Dr. José Roberto Pujol Luz e Dra. Lourdes Maria Abdu El-moor Loureiro.

Brasília, DF

Fevereiro, 2012



Dissertação de Mestrado

FRANCISCO DIOGO ROCHA SOUSA

Título:

“Diversidade da fauna de Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) associada à macrófitas em áreas úmidas do Cerrado do Brasil Central”

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Roberto Pujol Luz
Presidente / Orientador
UnB

Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira
Membro Titular
FUP/UnB

Profa. Dra. Maria José dos Santos Wisniewski
Membro Titular
UNIFAL

Prof. Dr. Ricardo Lourenço Pinto
Membro Suplente
UnB

Brasília, 24 de fevereiro de 2012.

“Um homem que apenas busca a luz, e deixa suas responsabilidades para os outros, termina sem encontrar a iluminação...”

Paulo Coelho

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter colocado em meu caminho pessoas tão importantes e que contribuíram muito para que eu chegasse até aqui.

Agradeço à minha família por todo apoio durante todos esses anos de formação. Especialmente, agradeço à minha mãe, Maria Helena, pelo incentivo, suporte e paciência desde meus primeiros estágios com pesquisa, realizados na graduação. Aos meus primos, Favem/Anne, Faíne/Mário por toda amizade e confiança, e por tornar estes dois anos mais descontraídos e alegres. Ao meu irmão Juninho, meu padrasto Marcos, minha avó Maria, e minha tia Fátima, por todo incentivo.

Agradeço à minha namorada, Elisa Alvim, por me aturar há cinco anos, por acreditar em mim quando até eu mesmo não acreditava. Por me dar forças nas horas ruins e por dividir comigo todos os momentos que me fizeram evoluir como profissional e como pessoa. Agradeço também à Ana Maria Araújo, por todo suporte e compreensão.

Agradeço às minhas eternas orientadoras e amigas, Luciana Mendonça Galvão e Lourdes Maria Abdu El-moor Loureiro, por tantos anos de companheirismo, confiança, amizade e compreensão. Por terem me dado a oportunidade de conhecer a limnologia e um lindo grupo de crustáceos chamado Cladocera. Por terem acreditado no meu trabalho e por participarem de todo meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço à Bárbara Fonseca por todos os momentos vividos no laboratório de ecologia da Universidade Católica de Brasília e em atividades de campo. Com certeza, você tornou estes momentos muito mais divertidos!

Agradeço ao professor e orientador José Roberto Pujol Luz por ter acreditado no meu trabalho e ter me dado a oportunidade de desenvolver minha pesquisa.

Agradeço aos amigos Carlos Eduardo Aguiar Soares, Ciro Joko e Jhonathan Oliveira Silva por todos os momentos de descontração e por contribuírem muito com discussões e

idéias para minha dissertação. Agradeço também ao Nadson Ressié Simões da Silva (UEM) por dar valiosas sugestões ao desenvolvimento da dissertação e por estar sempre a postos quando precisei.

Agradeço aos amigos de mestrado, José Maurício Brandão Quintão, Diego Martins Magalhães e Fernanda Araújo Bezerra pela companhia nas longas madrugadas dedicadas a discussões e estudos. Também agradeço pelas longas madrugadas dedicadas a dispersão e diversão!

Agradeço muito a amiga Elizangela de Jesus Lima por me ajudar na difícil e árdua tarefa de identificar as espécies de macrófitas. Agradeço também a professora Regina Célia de Oliveira (UnB/botânica) pelo auxílio na identificação das macrófitas. A professora Vali Joana Pott (UFMS) pela identificação de algumas plantas.

Agradeço ao Parque Nacional de Brasília e ao Campo de Instrução de Formosa pela contribuição e desenvolvimento dos estudos de campo.

Agradeço a todos os que participaram desta jornada e me acompanharam no campo e auxiliaram nas coletas, de baixo de sol ou de chuva: Bárbara Fonseca, Carlos Eduardo Aguiar Soares, Clarissa Barbosa, Elisa Alvim, Elizete Santana, Lilian Estrela, Luciana Mendonça Galvão, Maria Beatriz Gomez e Souza, Paula Petraco, Ricardo Lourenço Pinto, Tiago Borges Kisaka, Vandélio e Vinícius. Foram longos dias e longas noites!!!

Agradeço também a todos os companheiros dos laboratórios de Ecologia e Zoologia da Universidade Católica de Brasília. Agradeço especialmente aos técnicos, Valéria, Kamila e Deidson por sempre atenderem meus pedidos e tornarem meus momentos de trabalho mais gratificante.

Agradeço ao professor Dr. José Francisco Gonçalves Júnior por me acolher no laboratório de Limnologia nos momentos em que precisei, e por todo o suporte durante o período de mestrado.

Agradeço aos membros da banca, Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira, Dra. Maria José dos Santos Wisniewski e Dr. Ricardo Lourenço Pinto pelas valiosas correções à minha dissertação.

Agradeço ao Fundo de Apoio a Pesquisa – DF por fornecer o suporte financeiro a minha pesquisa, por meio do financiamento do projeto “Biodiversidade em áreas úmidas preservadas do Cerrado do Brasil Central: Bacias do Paranoá e Rio Preto”.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade de Brasília.

Agradeço aos professores que contribuíram para minha formação acadêmica desde a minha graduação.

A todos vocês...

MUITO OBRIGADO!!!

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO E ÁREA DE ESTUDO

Fig. 1 Distribuição das áreas úmidas no Mundo. Áreas em verde claro representam as áreas úmidas como definidas pela convenção de Ramsar (Fonte: Moore 2007)

Fig. 2 Representação esquemática da zona litoral de ecossistemas aquáticos interiores com a formação de regiões de ecótonos. Este esquema pode ser aplicado às áreas úmidas associadas e rios, riachos e córregos assim como em lagos e lagoas. Modificado de Cronk and Fennessy (2001)

Fig. 3 Representação esquemática das áreas úmidas palustres mostrando a elevada cobertura de macrófitas aquáticas e diferenciação sazonal para o Cerrado no nível da água. Modificado de Williams (2006)

Fig. 4 Localização do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Campo de Instrução de Formosa (CIF), respectivas bacias hidrográficas (Paraná e São Francisco) e áreas úmidas palustres estudadas

Fig. 5 (a-h) Área úmida do Parque Nacional de Brasília, DF, chamada de Lagoa do Henrique

Fig. 6 (a-h) Área úmida do Parque Nacional de Brasília, DF, chamada de Lagoa do Exército

Fig. 7 (a-h) Área úmida do Parque Nacional de Brasília, DF, chamada de Peito de Moça

Fig. 8 (a-h) Área úmida do Campo de Instrução de Formosa, GO, chamada de Lagoa Cabocla

I

Fig. 9 (a-h) Área úmida do Campo de Instrução de Formosa, GO, chamada de Lagoa Cabocla

II

Fig. 10 (a-h) Área úmida do Campo de Instrução de Formosa, GO, chamada de Lagoa Grande

CAPÍTULO I

Fig. 1 Localização do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Campo de Instrução de Formosa (CIF), respectivas bacias hidrográficas (Paraná e São Francisco) e áreas úmidas palustres estudadas

Fig. 2 Diagrama esquemático mostrando a formação dos transectos em cada área de estudo. Os pontos referem-se aos locais onde foram mensuradas as variáveis físicas e químicas da água e as setas a amplitude de onde foram tomadas as amostras da fauna de Cladocera

Fig. 3 Média e erro padrão do número de espécies para as áreas úmidas estudadas. a) Áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília e b) Áreas úmidas do Campo de Instrução de Formosa.* diferença significativa na riqueza de espécies, $p < 0,05$

Fig. 4 Curvas de acumulação de espécies para áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília. a) HE seca, b) HE chuva, c) EX seca, d) EX chuva, e) PM seca

Fig. 5 Curvas de acumulação de espécies para áreas úmidas do Campo de Instrução de Formosa. a) CBI seca, b) CBI chuva, c) CBII seca, d) CBII chuva, e) GR seca, f) GR chuva

CAPÍTULO II

Fig. 1 Localização do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Campo de Instrução de Formosa (CIF), respectivas bacias hidrográficas (Paraná e São Francisco) e áreas úmidas palustres estudadas

Fig. 2 Diagrama esquemático mostrando a formação dos transectos em cada área de estudo. Os pontos referem-se aos locais onde foram mensuradas as variáveis físicas e químicas da água e as setas a amplitude de onde foram tomadas as amostras da fauna de Cladocera e macrófitas

Fig. 3 Análise de Componentes principais. *Biplot* das variáveis limnológicas mensuradas nas áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. HE = L.

Henrique; EX = L. Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande. Temp = temperatura; Cond = Condutividade elétrica; OD = Oxigênio dissolvido; NID = Nitrogênio Inorgânico; NT = Nitrogênio Total; PSR = Fósforo Solúvel Reativo; PT = Fósforo Total; Turb = Turbidez; SS = Sólidos Suspensos; SD = Sólidos dissolvidos

Fig. 4 Riqueza de Espécies. a) Número de espécies de Cladocera registradas nas áreas úmidas. b) Número de espécies de macrófitas registradas nas áreas úmidas. HE = L. Henrique; EX = L. Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

Fig. 5 Escalonamento multidimensional não-métrico em função da distribuição de espécies nas áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. *Stress* 0,1. HE = L. Henrique; EX = L. Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

Fig. 6 Análise de regressão do log (S) de Cladocera em função do log (S) de macrófitas para seis áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. a) L. do Henrique; b) L. do Exército; c) Peito de Moça; d) L. Cabocla I; e) L. Cabocla II; f) L. Grande

CAPÍTULO III

Fig. 1 Localização do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Campo de Instrução de Formosa (CIF), respectivas bacias hidrográficas (Paraná e São Francisco) e áreas úmidas palustres estudadas

Fig. 2 Diagrama esquemático mostrando a formação dos transectos em cada área de estudo. Os pontos referem-se aos locais onde foram mensuradas as variáveis físicas e químicas da água e as setas a amplitude de onde foram tomadas as amostras da fauna de Cladocera e macrófitas

Fig. 3 Escalonamento multidimensional não-métrico em função da distribuição de espécies nas áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF). *Stress* 0,1

Fig. 4 Análise de rarefação comparando a riqueza entre o Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Campo de Instrução de Formosa (CIF)

Fig. 5 Média e erro padrão dos índices de diversidade α calculados para caracterizar a fauna de Cladocera no Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF). a) Índice de diversidade de Shannon (nats/ind); b) Índice de equitabilidade de Pielou; c) Índice de diversidade de Simpson; d) Índice de distinção taxonômica

Fig. 6 a) *Boxplot*, e b) análises de coordenadas principais da distância do centróide resultantes da função *betadisper* para o Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF). Círculos correspondem ao PNB, e triângulos ao CIF

Fig. 7 Dissimilaridade da fauna de Cladocera em função de macrófitas aquáticas e variáveis limnológicas. a-b, Parque Nacional de Brasília; c-d, Campo de Instrução de Formosa

ANEXOS

Fig. 1 Análise residual e distribuição normal de erro para os dados de riqueza das assembléias de Cladocera e macrófitas. a) Lagoa do Henrique; b) Lagoa do Exército; c) Peito de Moça; d) Lagoa Cabocla I; e) Lagoa Cabocla II; f) Lagoa Grande

Fig. 2 Exemplo da distinção taxonômica calculada a partir de uma árvore taxonômica com níveis hierárquicos de classificação. O valor de Δ^* é dado pela média do peso dos caminhos de ligações entre todo o conjunto de espécies ou indivíduos da assembléia

Fig. 3 a) *Latonopsis australis*; b) *Ceriodaphnia cornuta*; c) *Ilyocryptus spinifer*; d) *Macrothrix elegans*; e) *Macrothrix paulensis*. Barras = 100 μ m

Fig. 3 f) *Streblocerus pygmaeus*; g) *Acroperus tupinamba*; h) *Alona dentifera*; i) *Alona setigera*; j) *Alona iheringula*. Barras = 100µm

Fig. 3 k) *Alona intermedia*; l) *Alona ossiani*; m) *Alonella clathratula*; n) *Alonella dadayi*; o) *Anthalona verrucosa*. Barras = 100µm

Fig. 3 p) *Celsinotum candango*; q) *Chydorus dentifer*; r) *Chydorus eurynotus*; s) *Chydorus pubescens*; t) *Disparalona leptorhyncha*. Barras = 100µm

Fig. 3 u) *Dunnhevedia odontoplax*; v) *Ephemeroporus barroisi*; w) *Graptoleberis occidentalis*; x) *Karualona muelleri*; y) *Leydigiopsis curvirostris*; z) *Notoalona sculpta*.
Barras = 100µm

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 Número de pontos de amostragem avaliados nas áreas úmidas estudadas no Cerrado do Brasil Central

Tabela 2 Média, desvio padrão, valores de máximo e mínimo para as variáveis limnológicas mensuradas na estação seca e chuvosa nas áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa

Tabela 3 Lista de espécies de Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) encontradas em áreas úmidas palustres do Cerrado do Brasil Central

Tabela 4 Riqueza de espécies nas áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília, DF

Tabela 5 Riqueza de espécies nas áreas úmidas amostradas no Campo de Instrução de Formosa, GO

Tabela 6 Porcentagem média de super-estimativa para cada estimador nas áreas úmidas estudadas no Cerrado do Brasil Central

CAPÍTULO II

Tabela 1 Média, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis limnológicas para áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. HE = L. do Henrique; EX = L. do Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

Tabela 2 Correlação das variáveis limnológicas com os eixos 1 e 2 da análise de componentes principais

Tabela 3 Lista de espécies de Cladocera observadas nas áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. HE = L. do Henrique; EX = L. do Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

Tabela 4 Espécies indicadoras das áreas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa de acordo com Dufrene-Legendre Indicator Species Analysis (Indval). $p < 0,05$

Tabela 5 Espécies de macrófitas encontradas em áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. HE = L. do Henrique; EX = L. do Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

CAPÍTULO III

Tabela 1 Espécies de Cladocera e índice de constância de ocorrência para o Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF)

Tabela 2 Riqueza de espécies de Cladocera no Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF)

SUMÁRIO

RESUMO	3
ABSTRACT	5
INTRODUÇÃO	7
OBJETIVOS (GERAL E ESPECÍFICOS)	12
ÁREA DE ESTUDO	12
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	22
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM PARA FAUNA DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) EM ÁREAS ÚMIDAS DO BRASIL CENTRAL UTILIZANDO ESTIMADORES NÃO PARAMÉTRICOS DE RIQUEZA DE ESPÉCIES	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADO	37
DISCUSSÃO	42
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO II - DETERMINANTES LOCAIS DA COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) EM ÁREAS ÚMIDAS PALUSTRES DO CERRADO, SAVANA TROPICAL BRASILEIRA	60
INTRODUÇÃO	61
MATERIAL E MÉTODOS	63
RESULTADO	67
DISCUSSÃO	73
REFERÊNCIAS	79

CAPÍTULO III - DETERMINANTES DA DIVERSIDADE REGIONAL DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) EM AMBIENTES ÚMIDOS PALUSTRES DE ÁREAS CONSERVADAS DE UM HOTSPOT NEOTROPICAL, O CERRADO DO BRASIL CENTRAL	99
INTRODUÇÃO	100
MATERIAL E MÉTODOS	102
RESULTADO	107
DISCUSSÃO	111
REFERÊNCIAS	116
CONCLUSÕES	125
ANEXOS	127
FÓRMULAS DOS ESTIMADORES NÃO PARAMÉTRICOS DE RIQUEZA DE ESPÉCIES	127
DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE ERRO	128
FÓRMULAS DOS ÍNDICES DE DIVERSIDADE	129
FAUNA DE CLADOCERA	130

RESUMO

Embora a convenção de Ramsar tenha verificado a importância das áreas úmidas para biodiversidade, estudos com este enfoque, no Brasil, têm sido conduzidos quase que exclusivamente em grandes áreas de planície, e dados sobre a diversidade da fauna de Cladocera são conhecidos principalmente nas planícies do Rio Paraná e Pantanal. Em áreas úmidas de menor porte, como as encontradas no Cerrado do Brasil Central, estudos são escassos e pouco se conhece sobre padrões de diversidade das assembléias de Cladocera. Este estudo objetivou investigar a diversidade da fauna de Cladocera em áreas úmidas localizadas em duas áreas que protegem fragmentos de Cerrado no Brasil Central. Três áreas no Parque Nacional de Brasília (Lagoa do Henrique, Lagoa do Exército e Peito de Moça) e três no Campo de Instrução de Formosa (Lagoa Cabocla I, Lagoa Cabocla II e Lagoa Grande) foram amostradas. As coletas foram conduzidas em 2009 em duas campanhas, uma no período seco e uma no chuvoso. Os dados de macrófitas, variáveis limnológicas e Cladocera foram obtidos obedecendo um gradiente de profundidade ou modificação na vegetação. Foram encontradas no total, 31 espécies de Cladocera, distribuídas em cinco famílias, com maior contribuição em número de espécies para Chydoridae. A utilização de estimadores de riqueza de espécies baseados em abundância evidenciou, por meio da análise assintótica de curvas de acumulação e porcentagem média de extrapolação, eficiência na obtenção dos dados de riqueza para assembléia de Cladocera. A avaliação composicional da fauna mostrou similaridade entre o Parque Nacional de Brasília e o Campo de Instrução de Formosa, contudo, a avaliação por área úmida apresentou composição específica segundo os resultados da ANOSIM ($R = 0,311$; $p = 0,001$), sendo corroborado pela presença de espécies indicadoras destas áreas. Os resultados das variáveis limnológicas mostraram características de ambientes prístinos, principalmente baixas concentrações de nutrientes e valores de condutividade elétrica reduzidos, as quais não foram boas descritoras da diversidade da fauna de Cladocera para as

áreas úmidas estudadas ($r = 0,0367$; $p = 0,8$). Por outro lado, a diversificação de habitats gerada pela riqueza de macrófitas parece ter um papel importante para a diversidade local de Cladocera, dado a importância relativa das regressões confrontando os dados de riqueza para macrófita e Cladocera, que em cinco das seis áreas úmidas estudadas apresentaram valores de $R^2 > 0,5$. Ainda, a avaliação da diversidade α para assembléia de Cladocera mostrou ser maior, em média, no Campo de Instrução de Formosa segundo os resultados da rarefação e dos índices de Shannon, Equitabilidade, Simpson e Distinção taxonômica ($p < 0,05$). Por outro lado, a avaliação diversidade β foi maior no Parque Nacional de Brasília quando comparado ao Campo de Instrução de Formosa ($F = 10,384$; $p = 0,002$). Apesar disto, a variabilidade na composição de espécies para ambas as áreas parece ser determinada, especialmente, pela variabilidade ambiental gerada pelas macrófitas aquáticas. Os resultados deste estudo apontam que nas áreas úmidas palustres localizadas no Cerrado Brasileiro, a heterogeneidade espacial fornecida pelas macrófitas podem ser importantes descritoras da diversidade local e regional de Cladocera.

PALAVRAS-CHAVE Bacia do Paraná · Bacia do São Francisco · Chydoridae · dissimilaridade · heterogeneidade espacial · palustre · riqueza

ABSTRACT

Although the Ramsar Convention has noted the importance of wetlands for biodiversity, studies with this focus in Brazil have been conducted almost exclusively in large floodplains, and data on the diversity of Cladocera fauna are known mainly in the Paraná River floodplain and Pantanal. In smaller wetlands, such as those found in the Cerrado of Brazil Central, studies are scarce and knowledge about diversity patterns of Cladocera assemblages is reduced. This study aimed to investigate the diversity of the Cladocera fauna in paludal wetlands located in two protected areas of Brazil Central. Three areas in Parque Nacional de Brasília (Henrique Pond, Exército Pond and Peito de Moça) and three in Campo de Instrução de Formosa (Cabocla I Pond, Cabocla II pond and Grande Pond) were sampled. Sampling was performed during the dry and rainy season of the year 2009. The data of macrophytes, Cladocera and limnological variables were obtained obeying a gradient of change in the depth or aquatic vegetation. We found 31 species of Cladocera in total, distributed in five families, with major contribution in number of species for Chydoridae. The use of estimators of species richness based in abundance showed, by analyzing the asymptotic curves of accumulation and mean percentage of over-estimate, efficiency in collect of good data set of richness for Cladocera assemblage. The analyze of species composition showed similarity between the Parque Nacional de Brasília and Campo de Instrução de Formosa, however, the analyze by wetland sampled presented specific species composition according to the results of ANOSIM ($R = 0.311$; $p = 0.001$), being corroborated for the presence of indicator species of these wetlands. The results of limnological variables showed characteristics of pristine environments, specially low concentrations of nutrients and low values of conductivity electric, which were not good descriptors of diversity Cladocera fauna for the wetlands studied ($r = 0.0367$; $p = 0.8$). On the other hand, diversification of habitats created by richness of macrophytes seems to have an important hole to the local diversity of Cladocera, given the

relative importance of regressions confronting the data for macrophyte richness and Cladocera, which in five of six wetlands studied presented values of $R^2 > 0.5$. Besides, the analyze of diversity α , showed mean higher to the Campo de Instrução de Formosa according to the results of Shannon, Evenness, Simpson and taxonomic distinctness index ($p < 0.05$). On the other hand, the evaluation of diversity β was higher in the Parque Nacional de Brasília when compared to the Campo de Instrução de Formosa ($F = 10.384; p = 0.002$). Nevertheless, the variability in species composition in both protected areas seems to be determined, specially, by environmental variability generated by aquatic macrophytes. The results of this study indicate that in paludal wetlands located in Brazilian Cerrado, the spatial heterogeneity provided by macrophytes can be a important descriptor of local and regional diversity of Cladocera.

KEY-WORDS Chydoridae · dissimilarity · paludal · Paraná Basin · richness · São Francisco Basin · spatial heterogeneity

INTRODUÇÃO

As áreas úmidas (do termo em inglês *wetlands*) são definidas pela Convenção de Ramsar como todas as áreas de pântano, turfas, com águas lóxicas ou lênticas, naturais ou artificiais, temporárias ou permanentes, doces ou salobras e necessariamente não podem ultrapassar seis metros de profundidade (Moore 2007).

Estas áreas estão amplamente distribuídas no mundo (Fig. 1) e são largamente utilizadas pelos seres humanos como fontes de recursos diversos, razões para ser reconhecida sua importância, além de possuírem elevado valor para biodiversidade (Whigham 1999; Drew et al. 2005; Maltchik et al. 2010).

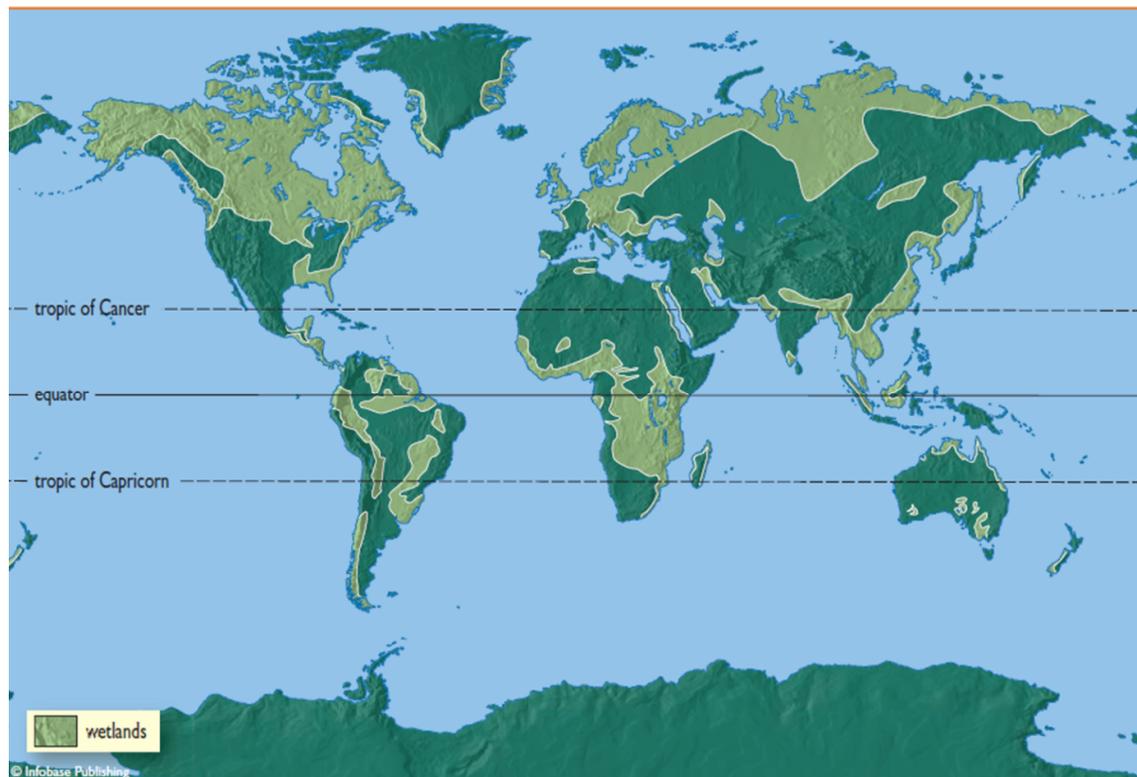


Fig. 1 Distribuição das áreas úmidas no Mundo. Áreas em verde claro representam as áreas úmidas como definidas pela convenção de Ramsar (Fonte: Moore 2007)

Na América do Sul, as áreas úmidas estão representadas em diferentes regiões geográficas, abrangendo, por exemplo, locais de altitude nos Andes, mais ao oeste do

continente, e a região amazônica. Especialmente no Brasil, as áreas úmidas são bem representadas e cobrem boa parte do território, desde a região norte, passando pelas porções centrais e alcançando o sul do país. A Figura 1 mostra apenas as áreas úmidas interiores, contudo, a Convenção de Ramsar também considera as regiões litorais e áreas de recife de corais e manguezais (Cronk and Fennessy 2001).

No Brasil, o enfoque no estudo de áreas úmidas interiores tem sido direcionado a grandes “*wetlands*”, como é o caso da planície de inundação do Rio Paraná e o Pantanal. Há alguns anos, estas duas grandes áreas úmidas têm sido alvos de estudos sob aspectos relacionados a dados limnológicos e ciclo hidrológico (Roberto et al. 2009; Souza-Filho 2009; Gonçalves et al. 2011) e biodiversidade (Hollwedel 2003; Junk 2006; Lansac-Tôha et al. 2009; Mendonça et al. 2009; Murakami et al. 2009; Pott et al. 2011). Embora estes estudos demonstrem a importância ecológica de ambientes úmidos, poucos trabalhos são observados em outras regiões do país (*e.g* Maltchik 2004; Rodriguez-Júnior 2008; Maltchik et al. 2010).

Especialmente na região Central do Brasil, onde se localiza o bioma Cerrado, pode ser encontrada uma elevada diversificação de ambientes aquáticos como redes de sistemas lóticos de pequeno e médio porte, lagos e lagoas naturais e também áreas úmidas (Padovesi-Fonseca 2005). Estas áreas úmidas podem ser classificadas em três tipos: lacustrinas (associadas a lagos, reservatórios e grandes lagoas), riverinas (associadas a sistemas lóticos) e palustres. Os dois primeiros tipos de áreas úmidas são considerados ecótonos e formam regiões de transição entre ecossistemas terrestres e os ambientes aquáticos tanto para rios quanto para lagos, reservatórios e grandes lagoas, sendo também denominados de zona litoral ou região litorânea (Fig. 2).

O terceiro tipo, ou seja, as áreas úmidas palustres, não podem ser consideradas regiões de ecótonos, e no Cerrado do Brasil Central, são encontradas frequentemente em formações savânicas (Fig. 3). Nestas áreas, a água também é o fator primário no controle do ambiente, da

vida animal e vegetal, ocorrendo onde o lençol freático está na superfície ou próximo desta, além de áreas cobertas por águas rasas (Ramsar - Information Paper nº 1). Como as áreas úmidas palustres são amplamente influenciadas pela disponibilidade de água, a vegetação é dominada por plantas que não são encontradas em qualquer outro terreno seco circundante (Van Der Valk 2006), usualmente chamadas de macrófitas.

Nos ecossistemas aquáticos, as macrófitas participam ativamente da ciclagem de nutrientes, processos biogeoquímicos e redistribuição de matéria orgânica para o sedimento (Schneider and Melzer 2004; Tundisi and Matsumura-Tundisi 2008). Lauridsen et al. (2003) notaram a sucessão da comunidade de macrófitas e observaram que o decréscimo nos níveis de nutrientes promove diferença ao longo do tempo na comunidade. Modificações em características físicas e químicas da água provocadas pela presença de bancos de macrófitas foram demonstradas por Joniak et al. (2007).

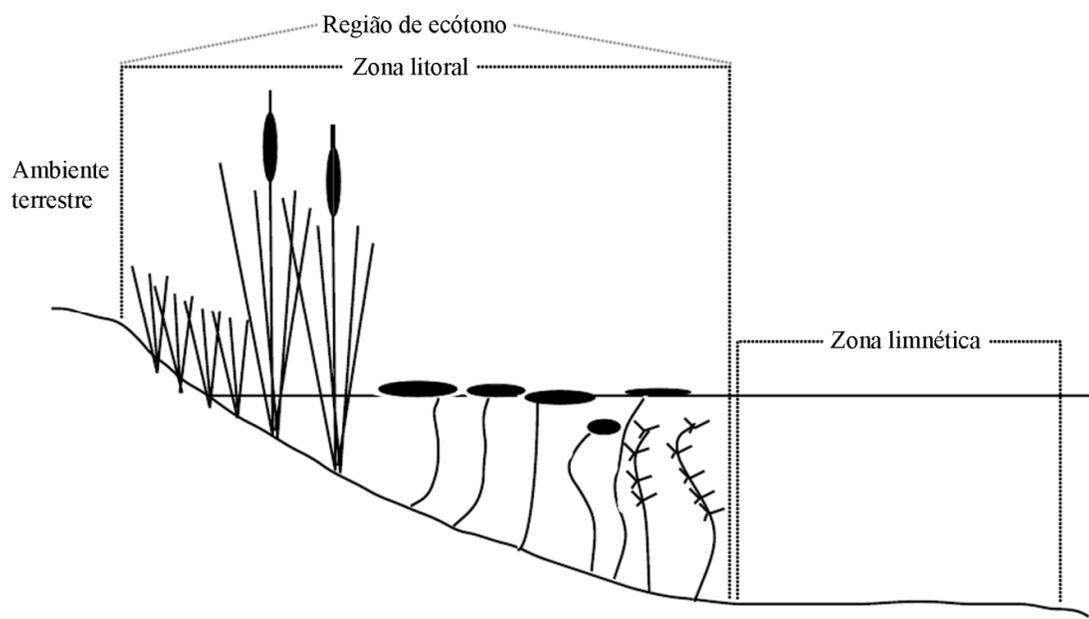


Fig. 2 Representação esquemática da zona litoral de ecossistemas aquáticos interiores com a formação de regiões de ecótonos. Este esquema pode ser aplicado às áreas úmidas associadas a rios, riachos e córregos assim como em lagos e lagoas. Modificado de Cronk and Fennessy (2001)

Além disso, as macrófitas são responsáveis pela formação de um ambiente heterogêneo e complexo, devido à diversificação de formas de vida (Esteves 1998), ao número de espécies (Nogueira et al. 2003) e à arquitetura morfológica (Duggan et al. 2001; Dodds and Biggs 2002; McAbendroth et al. 2005; Thomaz and Cunha 2010). Em conjunto, todos esses aspectos oferecem uma infinidade de microambientes e substratos com superfícies diferenciadas para colonização de uma ampla variedade de táxons (Lopes and Caliman 2008), afetando, assim, os padrões de diversidade e distribuição espacial da biota associada (Balayla and Moss 2003; Sakuma et al. 2004).

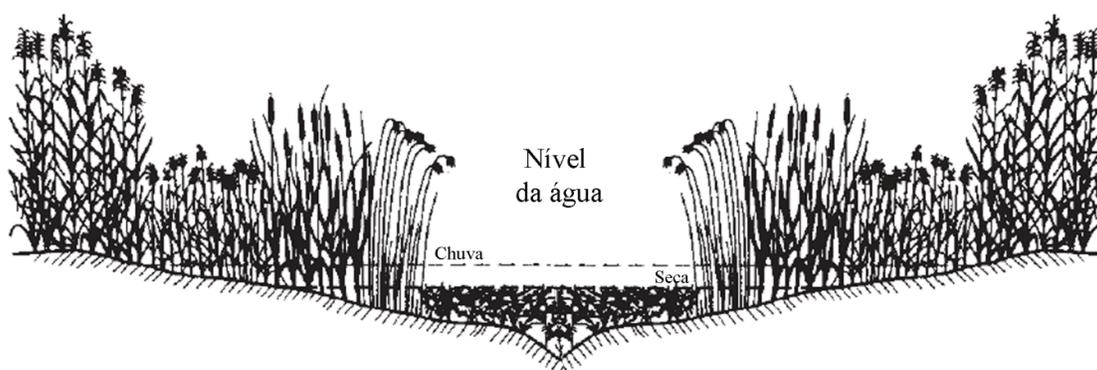


Fig. 3 Representação esquemática das áreas úmidas palustres mostrando a elevada cobertura de macrófitas aquáticas e diferenciação sazonal para o Cerrado no nível da água. Modificado de Williams (2006)

Entre os diferentes grupos de organismos que vivem em associação com macrófitas, Cladocera tem sido bastante estudado em diversas regiões do mundo, tanto em estudos taxonômicos (*e.g.* Kotov et al. 2004; Elmoor-Loureiro et al. 2009; Sinev and Elmoor-Loureiro 2010), quanto em estudos ecológicos (Hann 1995; Hann and Zrum 1997; Laurindsen et al. 1996; Blindow et al. 2000).

Esses microcrustáceos têm grande participação na dinâmica de energia nos ecossistemas aquáticos (Tremel et al. 2000; Sa-adrit and Beamish 2005; Santos et al. 2010),

uma vez que atuam como raspadores, filtradores e coletores de matéria orgânica, além de serem parte importante na dieta de outros invertebrados, peixes e aves (Elmoor-Loureiro and Mendonça-Galvão 2008; Elmoor-Loureiro and Soares 2010).

Particularmente, a fauna de Cladocera associada à macrófitas corresponde a cerca de 70% do total de espécies conhecidas para o grupo (Elmoor-Loureiro 2000; Forró et al. 2008) e, no Brasil, têm sido intensamente estudada para ambientes de planície (Rossa et al. 2001; Lima et al. 2003; Serafim et al. 2003; Choueri et al. 2005; Palazzo et al. 2008; Lansac-Tôha et al. 2009) e, menos frequentemente, em outros tipos de ambientes (Starling 2000; Santos-Wisniewski et al. 2002; Elmoor-Loureiro 2007; Peixoto et al. 2008; Debastiani-Júnior et al. 2009).

Apesar de ser reconhecido que as áreas úmidas apresentam elevado potencial de biodiversidade para diversos grupos de organismos (Leibowitz 2003), existem apenas informações preliminares sobre a fauna de Cladocera em áreas úmidas de poucas localidades do Cerrado, porém estes estudos demonstraram haver uma fauna rica e diversificada (Elmoor-Loureiro 2007; Sousa and Elmoor-Loureiro 2008; Rodrigues-Júnior 2008). Este fato vai ao encontro da possibilidade de ampliar os estudos de diversidade de Cladocera no Cerrado, assim como aumentar e gerar novos dados sobre a ocorrência desses microcrustáceos nas áreas úmidas do Brasil Central.

Além disso, o alto grau de endemismo na biota do Cerrado já foi reconhecido (Myers 2000); sendo assim, as áreas úmidas inseridas neste bioma têm potencial de abrigar espécies com restrições de distribuição geográfica, além de possivelmente apresentarem elevada diversidade de espécies. Neste sentido, a concentração de esforços em estudos de áreas úmidas naturais do Cerrado permite gerar as informações imprescindíveis para subsidiar a conservação, aumentar o conhecimento sobre a diversidade de espécies e fornecer estratégias para a restauração de áreas úmidas impactadas por meio de estudos de assembléias bióticas.

OBJETIVOS

➤ Objetivo Geral

Este estudo objetivou investigar a diversidade da fauna de Cladocera em áreas úmidas palustres localizadas em duas áreas que protegem fragmentos de Cerrado no Brasil Central.

➤ Objetivos Específicos

- Avaliar as variáveis físicas e químicas das áreas úmidas estudadas;
- Inventariar a assembléia, e determinar a riqueza e composição de espécies de Cladocera;
- Inventariar a assembléia e determinar a riqueza de espécies de macrófitas aquáticas;
- Avaliar a eficiência de amostragem de Cladocera utilizando estimadores não paramétricos de riqueza de espécies;
- Investigar determinantes da diversidade de Cladocera nas áreas úmidas estudadas;
- Comparar a diversidade de Cladocera entre duas áreas que protegem fragmentos de Cerrado no Brasil Central com base no estudo de áreas úmidas;

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no Cerrado, em duas áreas protegidas, o Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Campo de Instrução de Formosa (CIF) (Fig. 4). Estas duas áreas encontram-se sob condições climáticas específicas do bioma, que apresenta sazonalidade marcada, possuindo um período seco com temperaturas mais baixas que ocorre entre os meses de maio a setembro e um período mais quente e chuvoso, que abrange os meses de outubro a março. Para o

bioma, a pluviosidade média anual é de 1500 mm e as médias anuais de temperatura alcançam entre 18°C e 27°C.

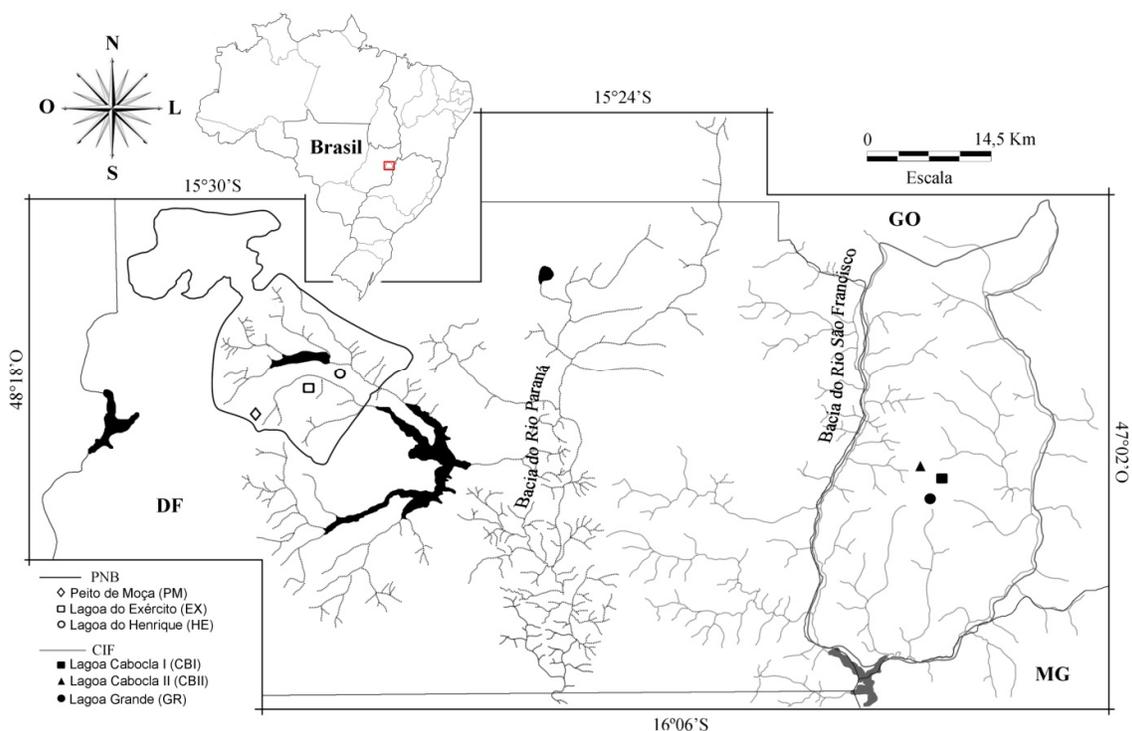


Fig. 4 Localização do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Campo de Instrução de Formosa (CIF), respectivas bacias hidrográficas (Paraná e São Francisco) e áreas úmidas palustres estudadas

O Parque Nacional de Brasília possui área total de 42.389ha, sendo caracterizado como a maior Unidade de Conservação Integral do Distrito Federal (Aquino et al. 2009). No Parque Nacional de Brasília são encontradas as principais fitofisionomias que caracterizam o bioma Cerrado e podem ser representadas por: Campo limpo e Campo sujo, como representativos de formações herbáceo-arbustiva, Campo Cerrado e Cerrado *sensu stricto*, representativos de formações arborescentes e, por fim, as matas de galerias representando o estrato arbóreo.

O Parque Nacional de Brasília tem um papel muito importante na conservação do bioma Cerrado, pois está inserido em uma área altamente antropizada, sendo cercado por grandes cidades do Distrito Federal, como Plano Piloto e Estrutural. Uma recente publicação

do Instituto Chico Mendes demonstra a importância desta área para conservação da fauna do Cerrado, uma vez que, aproximadamente, 13 espécies de vertebrados ameaçados de extinção são encontradas no Parque (Nascimento and Braga 2011).

Os ecossistemas aquáticos do Parque Nacional de Brasília pertencem à bacia do alto Rio Paraná e são constituídos, em maioria, por sistemas lóticos de pequeno porte (Aquino et al. 2009), mas também são encontradas diversas áreas úmidas naturais provenientes do afloramento de lençol freático. Dentre estas, foram estudadas três áreas úmidas palustres denominadas de Lagoa do Henrique (15°41'18"S 47°56'10"O), Lagoa do Exército (15°44'44,3"S 47°58'49,1"O) e Peito de Moça (15°45'05,8"S 48°01'33,2"O), estando localizadas em altitude média de 930m.

Todas as áreas úmidas estudadas no Parque Nacional de Brasília possuem mais de 80% da lâmina d'água ocupada por macrófitas aquáticas, mas diferem em alguns aspectos. Por exemplo, a Lagoa do Henrique (Fig. 5) é uma grande área úmida cujo formato do terreno propicia elevado acúmulo de água, dando um aspecto de lagoa. Contudo, esta área úmida pode ser caracterizada como rasa, sendo que a região mais profunda amostrada corresponde a sua área central e alcançou, aproximadamente, 1m de profundidade.

A área denominada de Lagoa do Exército (Fig. 6) é um campo úmido muito extenso de difícil delimitação, e o afloramento na parte central forma uma espécie de olho d'água cuja coloração é esbranquiçada. A profundidade máxima registrada para a Lagoa do Exército foi de 1m.

O Peito de Moça (Fig. 7) é uma área úmida em campo de murundus (com 0,05m de profundidade), ou seja, possui relevo que mescla áreas planas e áreas sutilmente elevadas, sugerindo aspecto de pequenos morros.

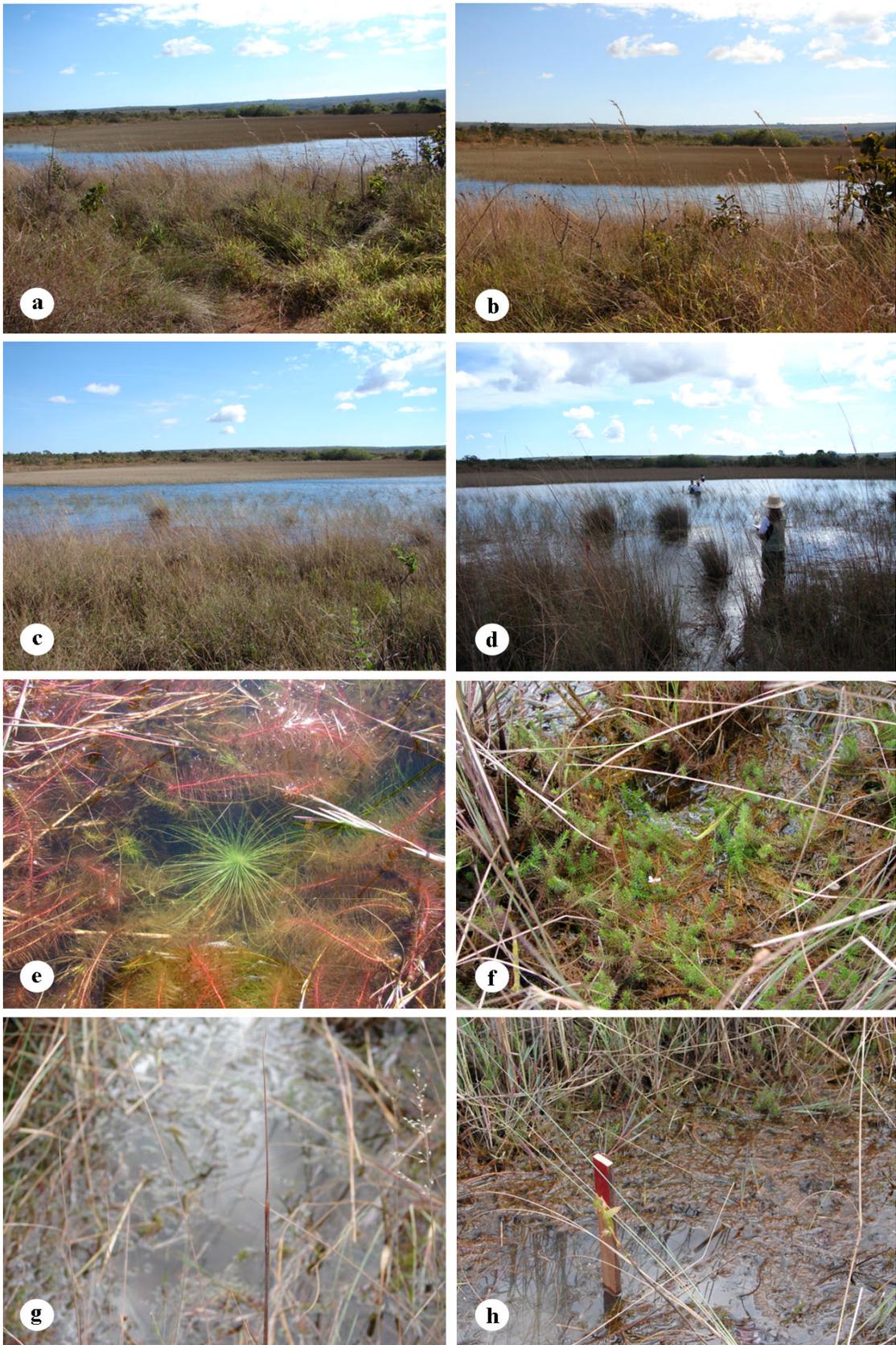


Fig. 5 (a-h) Área úmida do Parque Nacional de Brasília, DF, chamada de Lagoa do Henrique

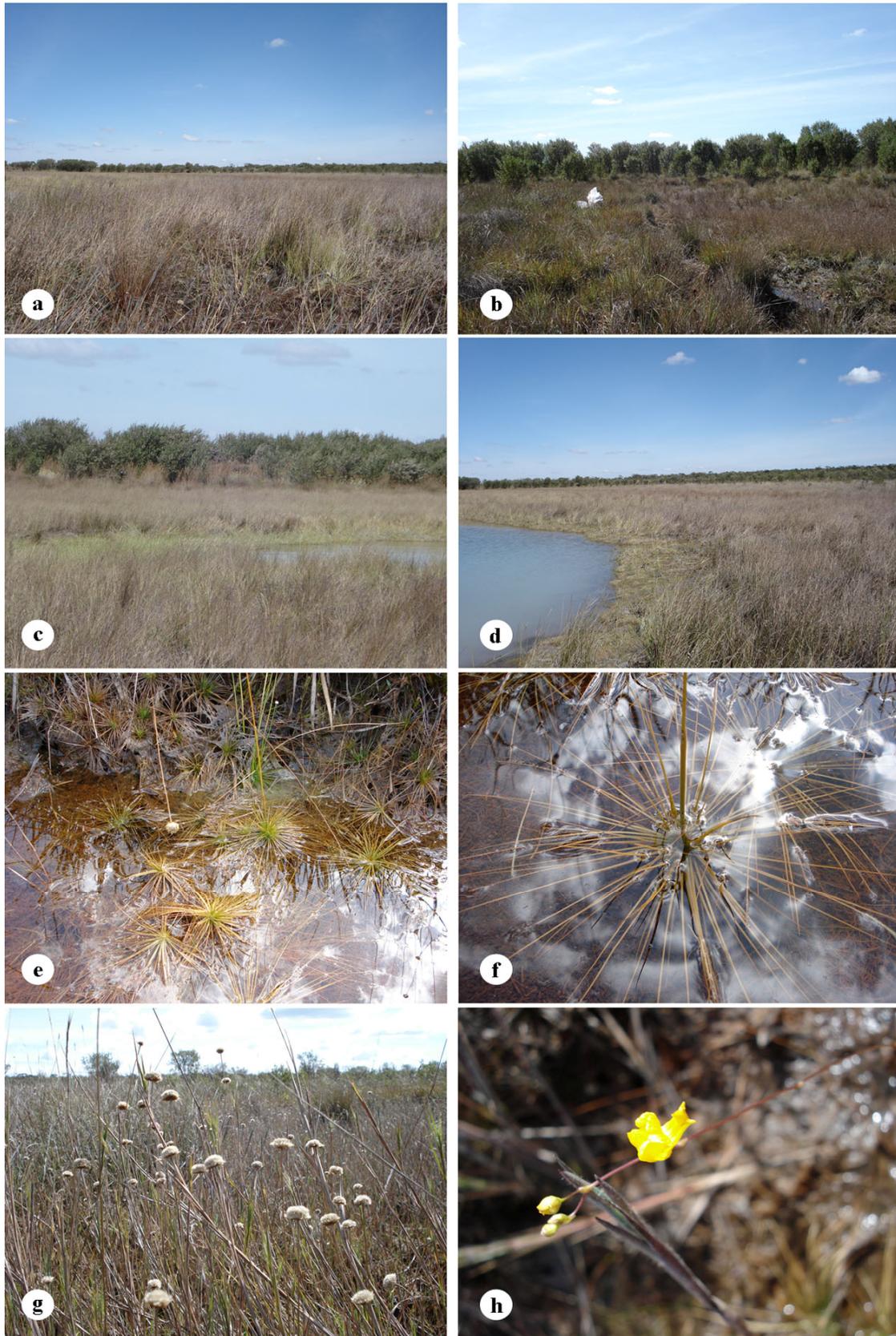


Fig. 6 (a-h) Área úmida do Parque Nacional de Brasília, DF, chamada de Lagoa do Exército

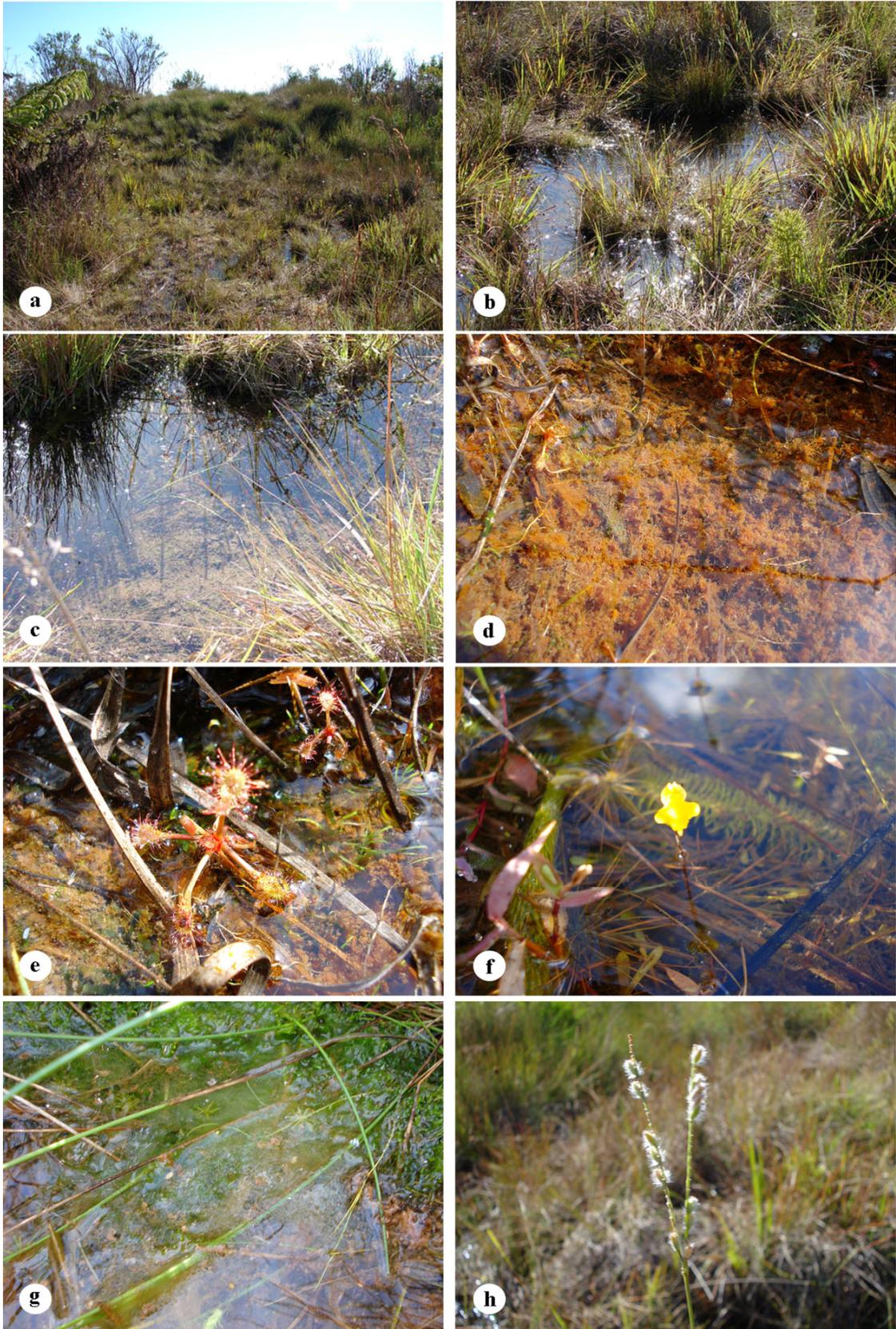


Fig. 7 (a-h) Área úmida do Parque Nacional de Brasília, DF, chamada de Peito de Moça

O Campo de Instrução de Formosa é uma área sob gerenciamento do Exército Brasileiro, desde 1972, e preserva um grande fragmento de Cerrado. A área foi obtida por meio de desapropriação de propriedades rurais e, por este motivo, abriga formações vegetais com diferentes estágios de sucessão, áreas naturais de Cerrado (*sensu stricto*, matas de galerias e matas ciliares, campo cerrado, campo sujo e campo limpo) e ainda áreas modificadas, utilizadas para treinamento e exercícios táticos do Exército (Oliveira 2006; Oliveira 2009).

O CIF também abriga muitos sistemas lóticos e grandes áreas úmidas naturais provenientes do afloramento de lençol freático, sendo que esses corpos d'água pertencem à bacia hidrográfica do rio São Francisco. Três áreas úmidas foram estudadas e denominadas de Lagoa Cabocla I (15°48'16,6"S 47°14'58,8"O), Lagoa Cabocla II (15°48'22,6"S 47°14'10,6"O) e Lagoa Grande (15°49'37,3"S 47°13'50,8"O).

Todas as áreas úmidas estudadas no CIF são, possivelmente, formadas pelo afloramento de lençol freático e também possuem mais de 80% da lâmina d'água colonizada por macrófitas. A Lagoa Cabocla I (Fig. 8) é formada por uma leve depressão topográfica de, aproximadamente, 1km de extensão sendo circundada por campos de murundus, e apresentou profundidade de 0,55m. A Lagoa Cabocla II (Fig. 9) possui aproximadamente 200m de extensão, formando uma região central onde, provavelmente, corresponde ao afloramento do lençol freático. Nesta região a profundidade foi de 1,14m. A Lagoa Grande (Fig. 10) possui aproximadamente 2km de extensão e apresentou, entre as unidades amostrais, profundidade máxima de 1,30m. Contudo, relatos informam que esta área úmida pode apresentar na estação chuvosa até 5m de profundidade.

Estudos sobre qualquer aspecto de biodiversidade no Campo de Instrução de Formosa são escassos e há apenas dois registros na literatura sobre dados ecológicos nesta área (Barbosa 2009; Oliveira 2009). O CIF potencialmente abriga elevada diversidade de fauna e

flora e o aumento de estudos com este viés é de fundamental importância, tendo em vista que esta área já foi apontada para potencial transformação em Parque Nacional por estar altamente preservada (Santos 2005).

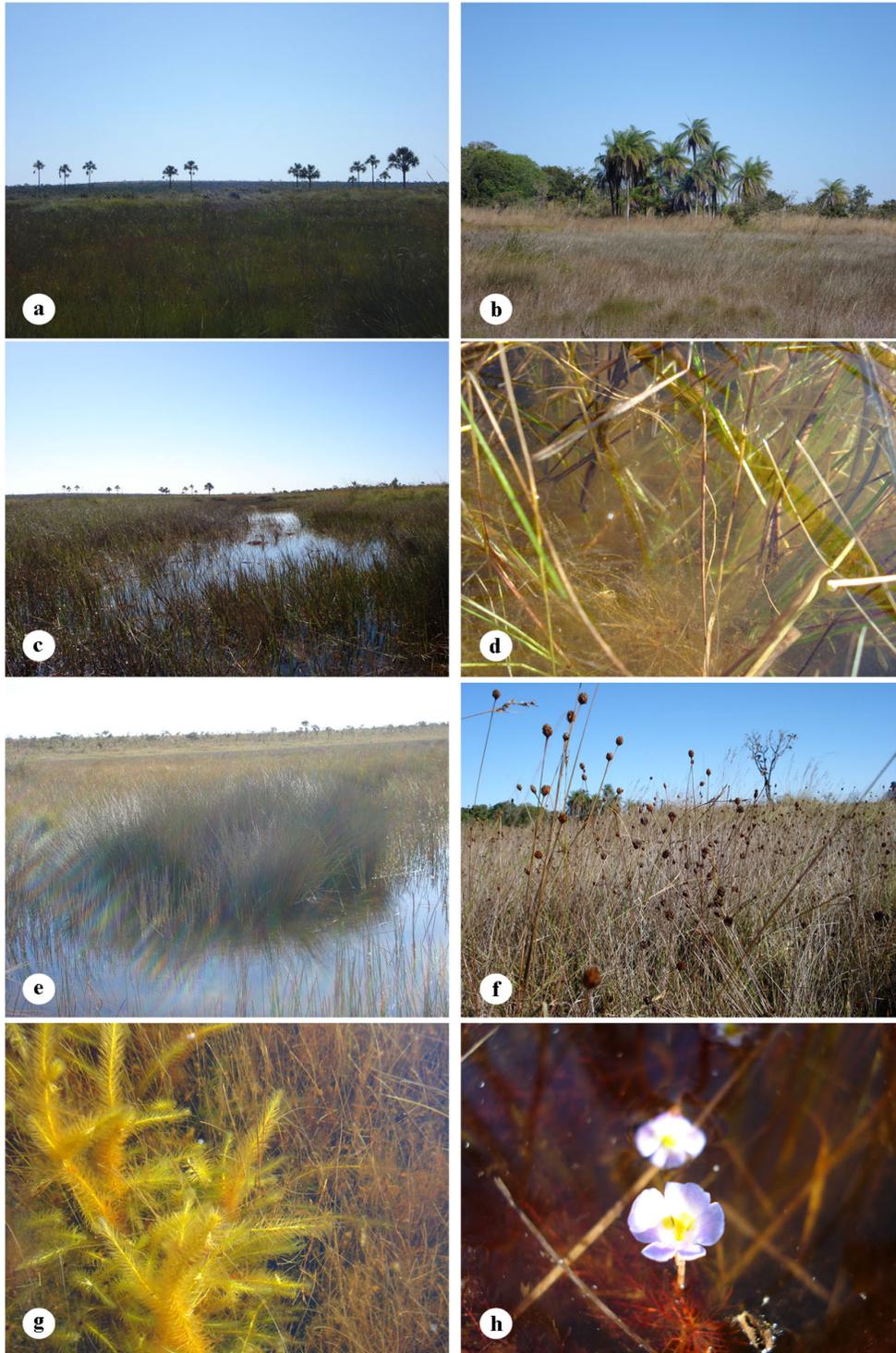


Fig. 8 (a-h) Área úmida do Campo de Instrução de Formosa, GO, chamada de Lagoa Cabocla I



Fig. 9 (a-h) Área úmida do Campo de Instrução de Formosa, GO, chamada de Lagoa Cabocla II



Fig. 10 (a-h) Área úmida do Campo de Instrução de Formosa, GO, chamada de Lagoa Grande

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Neste estudo são apresentados os resultados da amostragem de assembléias de Cladocera em áreas úmidas do Cerrado do Brasil Central, localizadas em duas áreas que preservam grandes fragmentos de Cerrado, o Parque Nacional de Brasília e o Campo de Instrução de Formosa. O estudo foi dividido em três capítulos redigidos em forma de artigos científicos, cujo padrão de formatação respeita as normas estabelecidas no periódico *Wetlands*.

O primeiro capítulo foca na eficiência do protocolo de amostragem comparando os resultados de riqueza de espécies utilizando estimadores não paramétricos. O segundo capítulo aborda a comparação da composição de espécies entre as áreas úmidas estudadas e também traz a relação da riqueza de Cladocera com a heterogeneidade espacial, concebida aqui como riqueza de espécies de macrófitas aquáticas, assim como as variáveis limnológicas. Por fim, o terceiro capítulo avalia a diversidade nas duas áreas de proteção utilizando índices de diversidade α e diversidade β .

REFERÊNCIAS

- Aquino PPU, Schneider M, Martins-Silva MJ, Padovesi-Fonseca C, Arakawa HB, Cavalcanti DR (2009) The fishfauna of Parque Nacional de Brasília, Upper Paraná River basin, Federal District, Central Brazil. *Biotaneotropica* 9:217-230
- Balayla DJ, Moss B (2003) Spatial patterns and population dynamics of plant-associated microcrustacea (Cladocera) in a English shallow lake (Little Mere, Cheshire). *Aquatic Ecology* 37:417-435
- Barbosa LM (2009) Cladóceros fitófilos de ecossistemas lênticos da bacia do Rio Preto no Alto São Francisco. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Católica de Brasília
- Blindow I, Hargeby A, Wagner BMA, Andersson G (2000) How important is the crustacean plankton for the maintenance of water clarity in shallow lakes with abundant submerged vegetation. *Freshwater Biology* 44:185-197
- Choueri RB, Bonecker CC, Dias JD (2005) Spatial and temporal density variation of microcrustacean assemblages in different systems of the upper Paraná River floodplain (PR/MS-Brazil). *Acta Scientiarum* 27: 243-250
- Cronk JK, Fennessy MS (2001) *Wetland plants: biology and ecology*, Lewis, London
- Debastiani-Júnior JR, Nogueira MG, Elmoor-Loureiro LMA, Perbiche-Neves G (2009) Occurrence of *Pseudosida ramosa* Daday, 1904 (Crustacea: Cladocera: Ctenopoda) in marginal lakes of the Paranapanema River, with comments on its distribution. *Acta Limnologica Brasiliensia* 21:415-418
- Dodds WK, Biggs BJB (2002) Water velocity attenuation by stream periphyton and macrophytes in relation to growth form and architecture. *Journal North American Benthological Society* 21:2-15
- Drew WM, Ewel KC, Naylor RL, Sigrah A (2005) A tropical freshwater wetlands: III. Direct use values and other goods and service. *Wetlands Ecology and Management* 13:685-693

- Duggan IC, Green JD, Thompson K, Shiel RJ (2001) The influence of Macrophytes on the spatial distribution of littoral rotifers. *Freshwater Biology* 46:777-786
- Elmoor-Loureiro LMA (2000) Brazilian cladoceran studies: where do we stand? *Nauplius* 8:117-131
- Elmoor-Loureiro LMA (2007) Phytophilous cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Paranã River Valley, Goiás, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24:344-352
- Elmoor-Loureiro LMA, Mendonça-Galvão L (2008) Fauna associada às macrófitas. In: Fonseca FO (ed) *Águas Emendadas, Distrito Federal, Brasil*, p 273-275
- Elmoor-Loureiro LMA, Santos-Wisniewski MJ, Rocha O (2009) New records of *Parvalona parva* (Crustacea: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil, with description of the male. *Zoologia* 26:369-373
- Elmoor-Loureiro LMA, Soares CEA (2010) Cladocerans from gut content of fishes from Guaporé River Basin, MT, Brazil. *Acta Limnologia Brasiliensia* 22:46-49
- Esteves FA (1998) *Fundamentos de limnologia*, 2^a Ed. Interciência, Rio de Janeiro
- Forró L, Korovichinsky NM, Kotov AA, Petrusek A (2008) Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:177-184
- Gonçalves HC, Mercante MA, Santos ET (2011) Hydrological cycle. *Brazilian Journal of Biology* 71:241-253
- Hann BJ (1995) Invertebrates associations with submerged aquatic plants in prairie wetland. *UFS (Delta Marsh) Annual Report* 30:78-84
- Hann BJ, Zrum L (1997) Littoral microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) in a prairie coastal wetland: seasonal abundance and community structure. *Hydrobiologia*, 357:37-52
- Hollwedel W, Kotov AA, Brandorff GO (2003) Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) from the Pantanal (Brazil). *Athropoda Selecta* 12:67-93

- Joniaki T, Kuczyska-Kippen N, Nagengast B (2007) The role of aquatic macrophytes in microhabitatual transformation of physical-chemical features of small water bodies. *Hydrobiologia* 584:101-109
- Junk W, Cunha CN, Wantzen KM, Peterman P, Strussmann C, Marques MI, Adis J (2006) Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences* 68:278-309
- Kotov AA, Garfias-Esperjo T, Elías-gutiérrez M (2004) Separation of two Neotropical species: *Macrothrix superaculeta* (Smirnov, 1982) versus *M. elegans* Sars, 1901 (Macrothricidae, Anomopoda, Cladocera). *Hydrobiologia* 517:61-88
- Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM, Simões NR, Dias JD, Alves GM, Takahashi EM (2009) Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. *Acta Limnologica Brasiliensia* 69:539-549
- Lauridsen TL, Pedersen LJ, Jeppesen E, Søndegaard M (1996) The importance of macrophytes bed size for cladoceran composition and horizontal migration in shallow a lake. *Journal of Plankton Research*, 18:2283-2294
- Lauridsen TL, Jesen JP, Jeppesen E, Søndegaard M (2003) Response of submerged macrophytes in Danish lakes to nutrient loading reductions and biomanipulation. *Hydrobiologia* 506-509:641-649
- Leibowitz SG (2003) Isolated wetlands and their functions: an ecological perspective. *Wetlands* 23:517-531
- Lima AF, Lansac-Tôha FA, Velho LFM, Bini LM, Takeda AM (2003) Composition and abundance of Cladocera (Crustacea) assemblages associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth stands in the Upper Paraná River floodplain. *Acta Scientiarum* 25:41-48

- Lopes PM, Caliman A (2008) A contribuição de ecossistemas lênticos para o entendimento da importância de processos regionais e locais sobre padrões geográficos de biodiversidade. *Limnotemas* 29p
- Maltchik L, Rolon AS, Guadagnin DL, Stener C (2004) Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities. *Acta Limnologica Brasiliensia* 16:137-151
- Maltchik, L, Lanés LEK, Stener C, Medeiros ESF (2010) Species-area relationship and environmental predictors of fish communities in a coastal freshwater wetlands of southern Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 88:25-35
- McAbendroth, L., Ramsay PM, Foggo A, Rundle SD, Bilton DT (2005) Does macrophytes fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? *Oikos* 111:279-290
- Mendonça LB, Lopes EV, Anjos L (2009) On the possible extinction of birds species in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 69:747:755
- Moore PD (2007) *Wetlands*, revised edition, United State of America
- Murakami EA, Bicudo DC, Rodrigues L (2009) Periphitic algae of the Garças Lake, Upper Paraná River floodplain: comparing the years 1994 and 2004. *Brazilian Journal of Biology* 69:459-468
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kents J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priority. *Nature* 403: 853-858
- Nascimento JL, Braga I (2011) *Altas da fauna brasileira ameaçada de extinção em Unidades de Conservação Federais*, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília

- Nogueira MG, George DG, Jorcin A (2003) Estudo do zooplâncton em zonas litorâneas lacustres: Um enfoque metodológico. In: Henry R (org) Ecótonos na interface dos ecossistemas aquáticos. Rima, São Carlos, Brasil, p 83-128
- Oliveira ICS (2006) Uso da análise espacial no processo de integração terreno, condições meteorológicas e inimigo (PITCI) do Exército brasileiro. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília
- Oliveira CB (2009) Zooplâncton em córregos sob diferentes usos da terra na bacia do Rio Preto (Distrito Federal e Goiás). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo
- Padovesi-Fonseca C (2005) Caracterização dos ecossistemas aquáticos do cerrado. In: Scariot A, Sousa-Silva JC, Felfili JM (orgs) Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. MMA, Distrito Federal, Brasil, p 422-423
- Pallazo F, Bonecker CC, Negae MY (2008) Zooplankton dormancy forms in two environments of the upper Paraná River floodplain (Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 20:55-62
- Peixoto RS, Sá CEM, Guimarães AS, Maia-Barbosa PM (2008) Seasonal fluctuations of the microcrustacean assemblages in the littoral zone of Lake Dom Helvécio (Parque Estadual do Rio Doce, MG). *Acta Limnologica Brasiliensia* 20:213-219
- Pott VJ, Pott A, Lima LPC, Moreira SN, Oliveira AKM (2011) Aquatic macrophytes diversity of the Pantanal wetland and upper basin. *Brazilian Journal of Biology* 71:255-263
- Ramsar information Paper nº 1. What are wetlands? Disponível em <http://www.ramsar.org/about/info2007-01-e.pdf>. Acesso em: 26 de Maio de 2011.
- Roberto MC, Santana FC, Thomaz SM (2009) Lymnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Brazilian Journal of Biology* 69:717-725

- Rodrigues-Júnior I (2008) Ecologia da microfauna em uma área de Vereda na APA-GAMA-CABEÇA-DE-VEADO, Brasil Central. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Católica de Brasília.
- Rossa DC, Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM (2001) Abundance of cladocerans in the littoral regions in two environments of the Upper Paraná River Floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 61:45-53
- Sa-Ardrit P, BEAMISH FWH (2005) Cladocera, diversity, abundance and habitat in a Western Thailand stream. *Aquatic Ecology* 39:353-365
- Sakuma M, Hanazot T, Saji A, Nakazato R (2004) Migration for plant to plant: an important factor controlling densities of the epiphytic cladoceran *Alona* (Chydorinae, Anomopoda) on lake vegetation. *Limnology* 5:17-23
- Santos AS (2005) Subsídios à implantação da gestão ambiental em áreas militares do Exército brasileiro, tendo como estudo de caso o Campo de Instrução de Formosa-GO. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Brasília
- Santos RM, Negreiros NF, Silva LC, Rocha O, Santos-Wisniewski MJ (2010) Biomass and production of Cladocera in Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70: 879-887
- Santos-Wisniewski MJ, Rocha O, Güntzel AM, Matsumura-Tundisi T (2002) Cladocera Chydoridae of the high altitude water bodies (Serra da Mantiqueira), in Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 62:681-687
- Schneider S, Melzer A (2004) Sediment and water nutrient characteristics in patches of submerged macrophytes in running waters. *Hydrobiologia* 527:195-207
- Serafim-Júnior M, Lansac-Tôha FA, Paggi JC, Velho LFM, Robertson B (2003) Cladocera fauna composition in a river-lagoon system of the upper Paraná River floodplain, with a new record for Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 349-356

- Sinev A, Elmoor-loureiro LMA (2010) Three new species of Chydoridae cladocerans of subfamily Aloninae (Branchiopoda: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil. *Zootaxa* 2390:1-25
- Sousa FDR, Elmoor-Loureiro LMA (2008) Phytophilous cladocerans (Crustacea, Branchiopoda) of the Parque Nacional das Emas, State of Goiás. *Biotaneotropica* 8:159-166
- Souza-Filho EE (2009) Evaluation of the Upper Paraná River discharge controlled by reservoirs. *Brazilian Journal of Biology* 69:707-716
- Starling FMR (2000) Comparative study of the zooplankton composition of six lacustrine ecosystems in central Brazil during the dry season. *Brazilian Journal of Biology* 60:101-111
- Thomaz SM, Cunha ER (2010) Te role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22:218-236
- Tremel B, Frey SE, YAN ND, Pawson TW, Somers, KM (2000) Habitat specificity of littoral Chydoridae (Crustacea, Branchiopoda, Anomopoda) in Plastic lake, Ontario, Canada. *Hydrobiologia* 432:195-205
- Tundisi JG, Matsumura-Tundisit (2008) *Limnologia. Oficina de textos*, São Paulo
- Van Der Valk AG (2006) *The Biology of Freshwater Wetlands*. Oxford University Press, New York
- Whigham DF (1999) Ecological issues related to wetland preservation, restoration, creation and assessment. *The Science of the Total Environmental* 240:31-40
- Williams DD (2006) *The biology of temporary waters*, Oxford University press, Oxford

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE AMOSTRAGEM PARA FAUNA DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) EM ÁREAS ÚMIDAS DO BRASIL CENTRAL UTILIZANDO ESTIMADORES NÃO PARAMÉTRICOS DE RIQUEZA DE ESPÉCIES

RESUMO As áreas úmidas palustres encontradas no Cerrado do Brasil Central são ambientes pobremente estudados sob aspectos ecológicos. Avaliar a diversidade de invertebrados aquáticos em áreas úmidas palustres é uma tarefa desafiadora, já que não existem métodos amplamente utilizados para amostragem. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de amostragem para a fauna de Cladocera. Em seis áreas úmidas, foram estabelecidos transectos que corresponderem a um gradiente de profundidade ou modificação na vegetação aquática. Amostras da fauna de Cladocera foram coletadas por meio de arraste com rede tipo-plâncton entre macrófitas aquáticas, na estação seca e chuvosa. O comportamento assintótico de curvas de acumulação de espécies, utilizando estimadores de riqueza e, a porcentagem média de extrapolação da riqueza foram utilizados para determinar a eficiência de amostragem. As curvas de acumulação de espécies apresentaram comportamentos assintóticos diferenciados com relação à estação sazonal e área úmida estudada. Especialmente na estação chuvosa, comportamento assintótico para algumas áreas não foi observado, o que pode ser reflexo da influência sazonal sobre a assembléia de Cladocera. Mesmo assim, a porcentagem média de extrapolação da riqueza evidenciou que o método de amostragem empregado foi capaz de acessar mais de 60% das espécies estimadas, independentemente da área úmida ou estação sazonal estudada, demonstrando a obtenção de um bom conjunto de dados para riqueza de Cladocera.

PALAVRAS-CHAVE áreas protegidas · biodiversidade · Cerrado · estação chuvosa · heterogeneidade espacial · microcrustáceos

INTRODUÇÃO

No contexto atual de degradação dos ambientes naturais, reconhecer a biodiversidade dos ecossistemas torna-se ferramenta indispensável para monitoramento e manutenção dos processos ecológicos. Sem dúvida, a obtenção do número de espécies de um determinado plot ou ecossistema é a medida mais simples e mais utilizada para caracterizar a diversidade de assembléias ecológicas (Magurran 2004).

Por questões práticas, é quase impossível, para qualquer tipo de estudo de diversidade, reportar todas as espécies presentes em uma assembléia, uma vez que, para isso, é necessário exaustivo esforço amostral, não permitindo, então, a obtenção da verdadeira riqueza de espécies (Gotelli and Cowell 2001; Gonzales-Oreja et al. 2010; Glowacki 2011).

Atualmente, diversas pesquisas sobre diversidade têm utilizado e apontado o poder dos estimadores não-paramétricos de riqueza para minimizar os efeitos falhos de amostragem sobre os resultados finais sobre o número de espécies (e.g Petersen et al. 2003; Caterino 2007; Merlo et al. 2010; Zgmajester et al. 2010). Estes estimadores podem ser utilizados de maneira ampla para comparações em análises de assembléias ecológicas, uma vez que são obtidos por meio de dados de abundância ou de incidência (Magurran 2004), podendo também ser empregados em grupos bióticos onde o número de indivíduos é de difícil acesso, especialmente em organismos modulares, coloniais e clonais (Willians et al. 2007; Cruz et al. 2008; Gotelli and Colwell 2010).

Outra questão importante é que, hipoteticamente, os estimadores não-paramétricos de riqueza de espécies produzem boas estimativas, mesmo para um pequeno conjunto de amostras ou indivíduos. Uma lista dos métodos mais utilizados de estimativa não-paramétrica de riqueza de espécies pode ser encontrada em Gotelli and Colwell (2010).

Magurran and Queiroz (2010) sugeriram que a utilização de estimadores de riqueza de espécies para a região tropical tem um forte papel para subsidiar estratégias de conservação.

Esta sugestão é uma reafirmação do que já havia sido proposto por Myers et al. (2000) e Myers (2003) aos *hotspots* encontrados nos trópicos.

O Cerrado brasileiro é considerado um hotspot e tem sido reconhecido o alto grau de endemismo de sua biota (Klink and Machado 2005), o que sugere que as áreas úmidas inseridas neste bioma possam abrigar grande diversidade de espécies, como já foi demonstrado por Reid (1984; 1987; 1993; 1994) ao estudar microcrustáceos da subordem Copepoda nesses ambientes.

Esta potencial contribuição para a biodiversidade coloca as áreas úmidas do Cerrado brasileiro entre áreas-alvo prioritárias para a conservação. Apesar disto, a presença de qualquer tipo de ecossistema aquático não é fator preponderante na escolha de áreas para conservação, uma vez que são designadas por meio de estudos da fauna e flora terrestre. Desta forma, a biodiversidade aquática não tem sido foco da conservação nas seleções e desenhos de UC's, o que pode levar à perda de considerável parte da riqueza de uma região (Agostinho et al. 2005).

De acordo com a convenção de Ramsar (Information Paper nº 1), áreas úmidas que ocorrem onde a lençol freático está próximo a superfície ou onde há solos saturados por água são categorizadas como palustres. Este tipo de área úmida possui ampla distribuição no Cerrado brasileiro e são ecossistemas heterogêneos devido à presença de elevado número de espécies vegetais com formas de vida e arquiteturas distintas. Estas características favorecem a associação de elevada diversidade de grupos taxonômicos pela diferenciação de nichos ecológicos e diversificação de habitats (Thomaz and Cunha 2010).

Apesar de tudo, o conhecimento sobre qualquer tipo de aspecto ecológico em áreas úmidas do Cerrado brasileiro é bastante negligenciado. No caso das espécies de Cladocera, que são microcrustáceos cujo maior número de espécies é encontrado em associação com macrófitas aquáticas (Forró et al. 2008), as informações são apenas preliminares (Elmoor-

Loureiro, 2007; Sousa and Elmoor-Loureiro 2008). Mesmo registrando o número de espécies observadas em seus estudos, nenhum tipo de método para extrapolação de riqueza foi utilizado por estes autores.

A falta de informação sobre a riqueza de Cladocera, sobretudo para áreas úmidas, já foi apresentada por Sousa et al. (2010) ao discutirem os poucos registros de *Ilyocryptus sarsi* no Brasil e atribuiu-se a isso um viés no método de coleta de amostras. De fato, não existem métodos de amostragem padronizados e amplamente testados para coleta de invertebrados aquáticos em áreas úmidas palustres.

Neste estudo foram examinados métodos usuais de extrapolação de riqueza para assembléia de Cladocera em seis áreas úmidas palustres naturais do Cerrado do Brasil Central. Foram utilizadas rarefações baseadas em indivíduos, assim como estimadores não-paramétricos de riqueza com base em abundância, sendo estes parâmetros utilizados para acessar a riqueza e verificar a eficácia do método de amostragem empregado.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no Brasil central, em duas áreas de proteção que comportam fragmentos de Cerrado: o Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Campo de Instrução de Formosa (CIF) (Fig. 1). O Parque Nacional de Brasília fica localizado no Distrito Federal, Brasil. Possui área total de 42.389ha sendo caracterizado como a maior Unidade de Conservação Integral do Distrito Federal. Os ecossistemas aquáticos do PNB pertencem à bacia do alto Rio Paraná e constituem-se, em maioria, por sistemas lóticos de 1ª e 2ª ordem, mas também são encontradas diversas áreas úmidas naturais formadas pelo afloramento de lençol freático.

Para este estudo três áreas úmidas palustres foram amostradas e então denominadas de Lagoa Henrique (15°41'18"S 47°56'10"O), Lagoa do Exército (15°44'44,3"S 47°58'49,1"O) e Peito de Moça (15°45'05,8"S 48°01'33,2"O). Estas áreas úmidas apresentam muitas espécies de macrófitas, ocupando mais de 80% do espelho d'água. Como exemplos de espécies freqüentemente encontradas temos: *Rhynchospora globosa* (Kunth) Roem. & Schult, *Cyperus haspan* L. e *Cyperus articulatus* L..

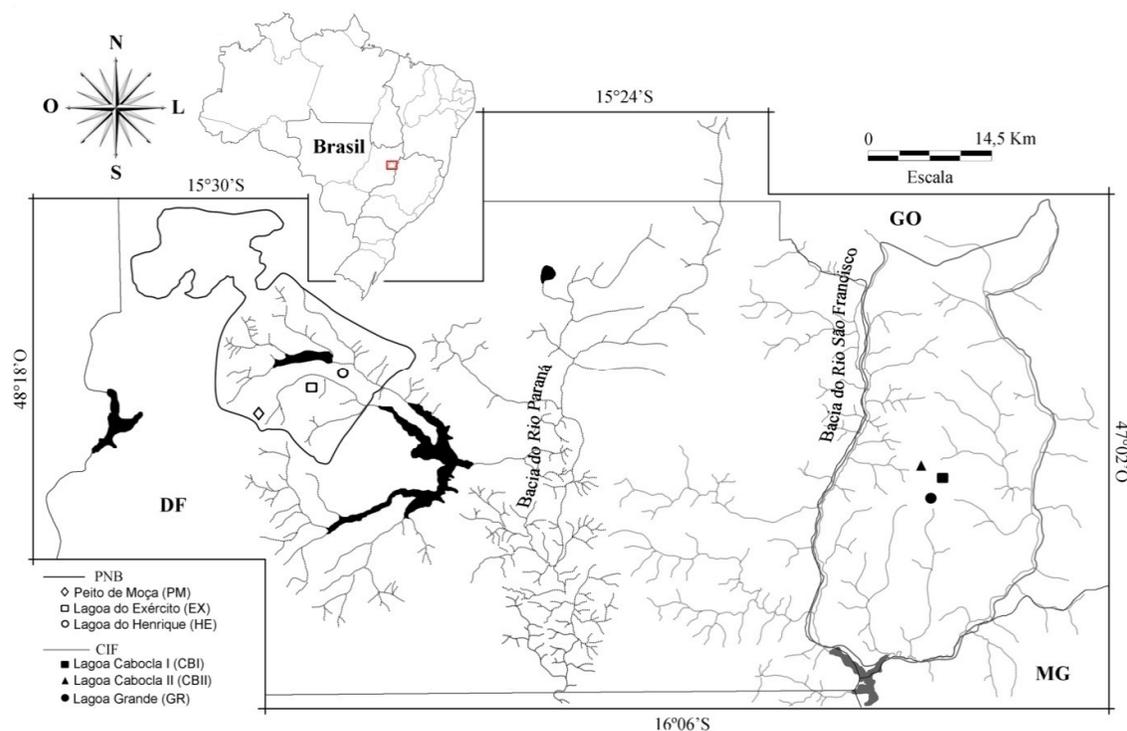


Fig. 1 Localização do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Campo de Instrução de Formosa (CIF), respectivas bacias hidrográficas (Paraná e São Francisco) e áreas úmidas palustres estudadas

O Campo de Instrução de Formosa fica localizado na unidade federativa de Goiás, é uma área sob gerenciamento do Exército brasileiro. Faz limite a leste com o Distrito Federal e, ao sul, com o estado de Minas Gerais. O CIF é formado por um grande fragmento de Cerrado preservado e possui vários tipos de ecossistemas aquáticos como sistemas lóticos, lagoas e áreas úmidas. Os corpos d'água encontrados no CIF pertencem à bacia hidrográfica do alto São Francisco. Neste estudo, foram amostradas as seguintes áreas úmidas naturais

palustres: Lagoa Cabocla I (15°48'16,6"S 47°14'58,8"O), Lagoa Cabocla II (15°48'22,6"S 47°14'10,6"O) e Lagoa Grande (15°49'37,3"S 47°13'50,8"O). As áreas úmidas do CIF também possuem muitas espécies de macrófitas aquáticas, por exemplo, *Eleocharis capillaceae* Kunth, *Eleocharis minima* Kunth, *Scleria hirtella* Sw. e *Cyperus articulatus* L..

As duas áreas de proteção encontram-se sob condições climáticas próprias do bioma, que apresenta sazonalidade marcada, possuindo um período seco com temperaturas mais baixas, que ocorre entre os meses de maio a setembro, e um período mais quente e chuvoso, que abrange os meses de outubro a março. Para o bioma, a pluviosidade média anual é de 1500mm e as médias anuais de temperatura alcançam entre 18°C e 27°C.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Em cada área úmida, um transecto com início na menor profundidade da lâmina d'água foi instalado em direção ao centro do corpo d'água. Em cada transecto foram escolhidos pontos de amostragem definidos a partir de modificação na profundidade e na assembléia de macrófitas (Tabela 1). Em duas campanhas (julho e agosto/2009 estação seca; novembro e dezembro/2009 estação chuvosa), a assembléia de Cladocera foi coletada, assim como algumas variáveis físicas e químicas da água foram mensuradas em campo, utilizando sondas específicas (Tabela 2). Em cada ponto dos transectos, foi estabelecida uma linha perpendicular, com até 24m, para coleta dos dados (Fig. 2).

COLETA, TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE CLADOCERA

A fauna foi obtida utilizando rede de plâncton com abertura de malha de 80µm, arrastada entre a vegetação aquática por quatro vezes em um percurso que variou de 20m a 24m. Os animais foram anestesiados em água gaseificada, e, posteriormente, fixados em álcool com proporção final de 70%. Para cada amostra coletada, sub-amostras com volume de 4ml foram

analisadas em estereomicroscópio até que o número de 50 indivíduos fossem alcançados. Em seguida, cinco sub-amostras foram analisadas para verificar a ocorrência de novas espécies. Com adição de novas espécies, novas sub-amostras foram analisadas até que a riqueza estabilizasse.

Todos os indivíduos obtidos foram contados e identificados com suporte de referências taxonômicas (Smirnov 1992, 1996; Elmoor-Loureiro 1997; Kotov et al. 2004; Kotov and Stifter 2006; Sinev and Elmoor-Loureiro 2010; Van-Damme et al. 2010, 2011).

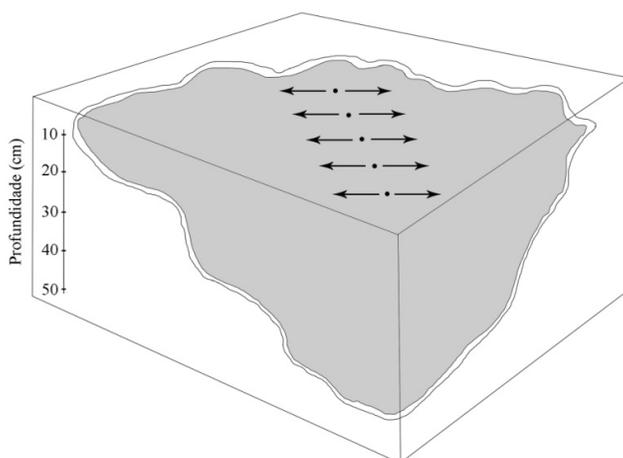


Fig. 2 Diagrama esquemático mostrando a formação dos transectos em cada área de estudo. Os pontos referem-se aos locais onde foram mensuradas as variáveis físicas e químicas da água e as setas a amplitude de onde foram tomadas as amostras da fauna de Cladocera

ANÁLISE DOS DADOS

O número de espécies observadas em cada área úmida foi comparado separadamente para os períodos de seca e chuva utilizando os valores de média e a significância das possíveis diferenças foi obtida por meio do teste de Mann-Whitney utilizando o software PAST (Hammer et al. 2001).

Para acessar a riqueza total em cada área úmida foram calculados estimadores não-paramétricos de riqueza de espécies baseados em abundância (ACE, Chao1 e Jackknife1) no programa EstimateS 8.2 (Colwell 2009). De maneira geral, estes estimadores encontram a

riqueza total por meio de comparações entre espécies raras (*uniques* ou *singletons*) e espécies compartilhadas pelo menos entre duas amostras (*doubletons* ou *duplicates*). As fórmulas para o cálculo dos estimadores de acordo com Gotelli and Cowell (2010) podem ser encontradas em anexo.

Ainda foram geradas rarefações baseadas em indivíduos para acumular o número de espécies esperadas para cada área úmida (Gotelli and Cowell 2001). Para avaliar se o número de espécies coletadas foi próximo ao total esperado para os sistemas, foram construídas curvas de acumulação de espécies com os estimadores e o comportamento assintótico foi analisado (Colwell and Coddington 1994; Gotelli and Colwell 2010).

RESULTADOS

No total, foram encontradas 31 espécies de Cladocera, distribuídas em cinco famílias (Tabela 3). Com exceção dos taxa que não foram identificados em nível específico, todos os outros já foram registrados para o Cerrado brasileiro. Todos os espécimes encontrados neste estudo estão depositados na coleção do Laboratório de Zoologia da Universidade Católica de Brasília.

Na estação seca, nas três áreas úmidas do PNB, foram obtidos 788 indivíduos e 18 espécies. HE apresentou 459 indivíduos distribuídos em 18 espécies, EX 263 indivíduos e 10 espécies e PM com 66 indivíduos e seis espécies. Ao observarmos a riqueza média, foi possível perceber que a de HE é significativamente maior que as outras duas áreas. Apesar de maior riqueza média encontrada em EX quando comparado a PM, não houve diferença entre estas duas áreas na estação seca (Fig. 3a).

Na estação chuvosa, foram contados 465 indivíduos com ocorrência de 17 espécies para o conjunto de amostras coletadas no PNB. A Fig. 3a também mostra que na estação chuvosa HE e EX apresentaram média de riqueza similar não havendo diferença significativa

entre estas áreas, mas a riqueza encontrada no PM foi bastante reduzida também quando comparada a estação seca.

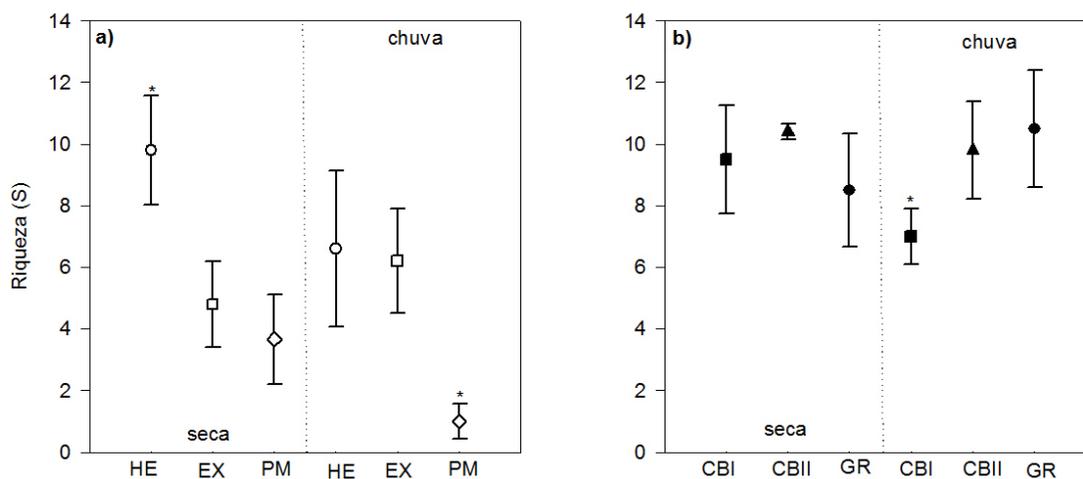


Fig. 3 Média e erro padrão do número de espécies para as áreas úmidas estudadas. a) Áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília e b) Áreas úmidas do Campo de Instrução de Formosa.* diferença significativa na riqueza de espécies, $p < 0,05$

Em ambos os períodos sazonais, os estimadores Chao1 e Jackk1 e ACE extrapolaram a riqueza de espécies acima da riqueza observada (Sobs) para HE e EX. Na estação seca, apenas o estimador Jackk1 extrapolou a riqueza acima da Sobs em PM e, nesta mesma área, os outros estimadores alcançaram valores iguais da Sobs para estação chuvosa (Tabela 4).

O comportamento das curvas de acumulação de espécies para os estimadores não foi similar entre estas áreas do PNB. Por exemplo, em HE ambos os estimadores na estação seca alcançaram a assíntota em pouco mais de 100 indivíduos amostrados, onde as curvas de *singletons* e *doubletons* visivelmente declinaram com o aumento no número de indivíduos (Fig. 4a). Na estação chuvosa, os estimadores em HE também alcançaram assíntota antes de 100 indivíduos serem amostrados, e as curvas de *singletons* e *doubletons* após 40 indivíduos, mantiveram-se constantes (Fig. 4b).

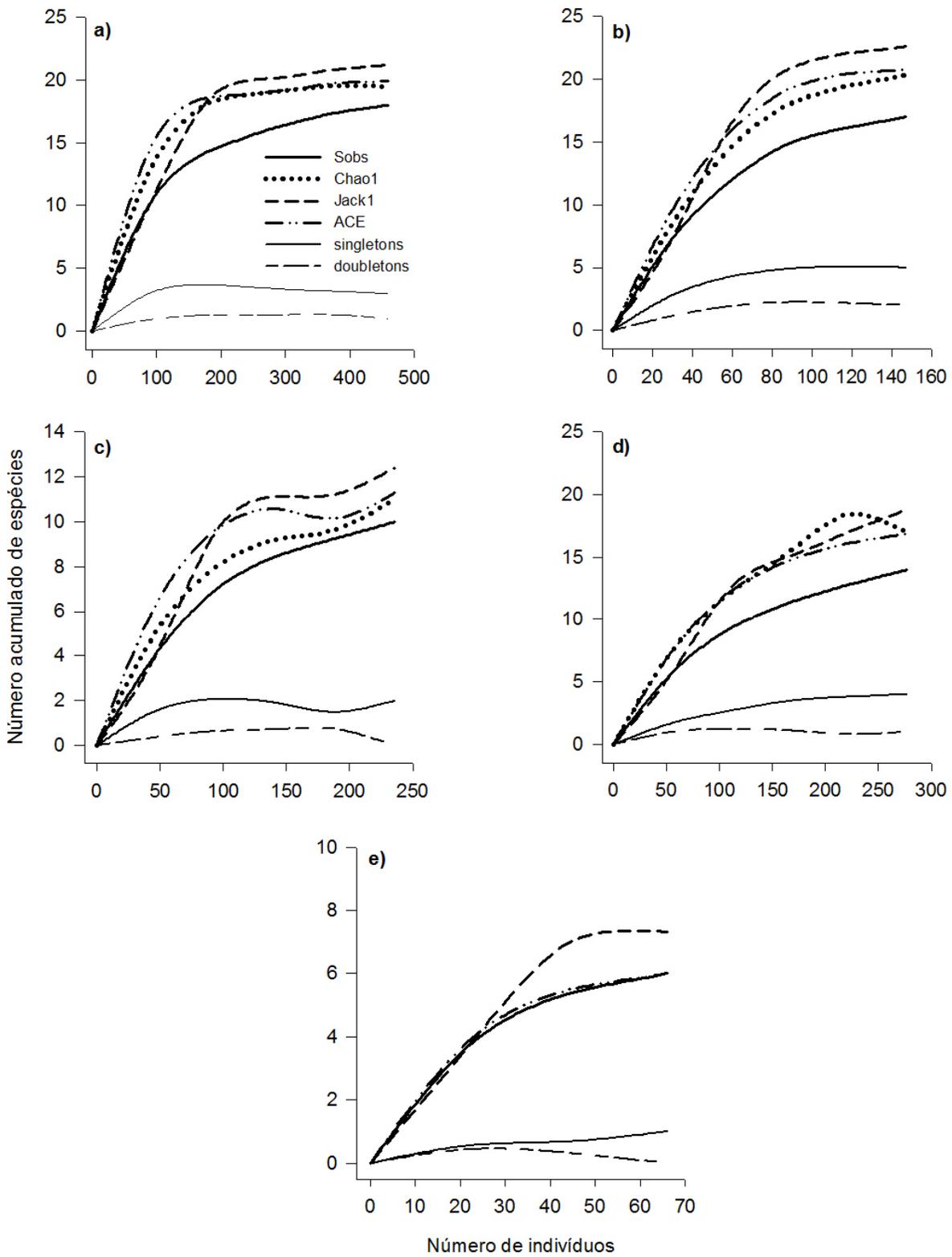


Fig. 4 Curvas de acumulação de espécies para áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília. a) HE seca, b) HE chuva, c) EX seca, d) EX chuva, e) PM seca

Em EX foi possível observar a formação de assíntota na estação seca em aproximadamente 100 indivíduos, contudo, à medida que a curva de *singletons* aumentou, as curvas de acumulação de espécies correspondentes aos estimadores não alcançaram assíntota e visivelmente tenderam a crescer (Fig. 4c). Na estação chuvosa apenas Jackk1 se aproximou do comportamento assintótico (Fig. 4d). Ainda, em PM Jackk1 foi o único estimador a apresentar comportamento assintótico na estação seca (Fig. 4e). Não foram realizadas curvas de acumulação de espécie na estação chuvosa para PM uma vez que apenas 11 indivíduos foram registrados para o conjunto de amostras coletadas sendo recomendado no mínimo 20 indivíduos para construção das curvas (Gotelli and Colwell 2010).

No CIF, a estação seca apresentou 1263 indivíduos distribuídos em 22 espécies no conjunto de amostras coletadas. Nesta estação sazonal, CBI apresentou 441 indivíduos e 14 espécies, em CBII 544 indivíduos distribuídos em 15 espécies foram registrados e 278 indivíduos e 18 espécies em GR. Os valores médios de riqueza foram similares em CBI e CBII, sendo a riqueza média em GR menor que nas outras áreas (Fig. 3b), contudo, não houve diferenças entre estas áreas.

Para a estação chuvosa no CIF, foram encontrados 749 indivíduos e 23 espécies, sendo que CBI apresentou 222 indivíduos e onze espécies, CBII apresentou 298 indivíduos distribuídos em 20 espécies e GR apresentou 229 indivíduos e 17 espécies. As maiores médias de riqueza para a estação chuvosa foram encontradas para CBII e GR, não havendo diferenças entre os valores médios de riqueza (Fig. 3b).

Os estimadores avaliados extrapolaram a riqueza acima da Sobs na estação seca para CBI e CBII. Em GR o único estimador que extrapolou a Sobs foi Jackk1. Na estação chuvosa, Chao1 e ACE também não extrapolaram a riqueza em CBI, por outro lado, todos os estimadores extrapolaram a riqueza para CBII e GR (Tabela 5).

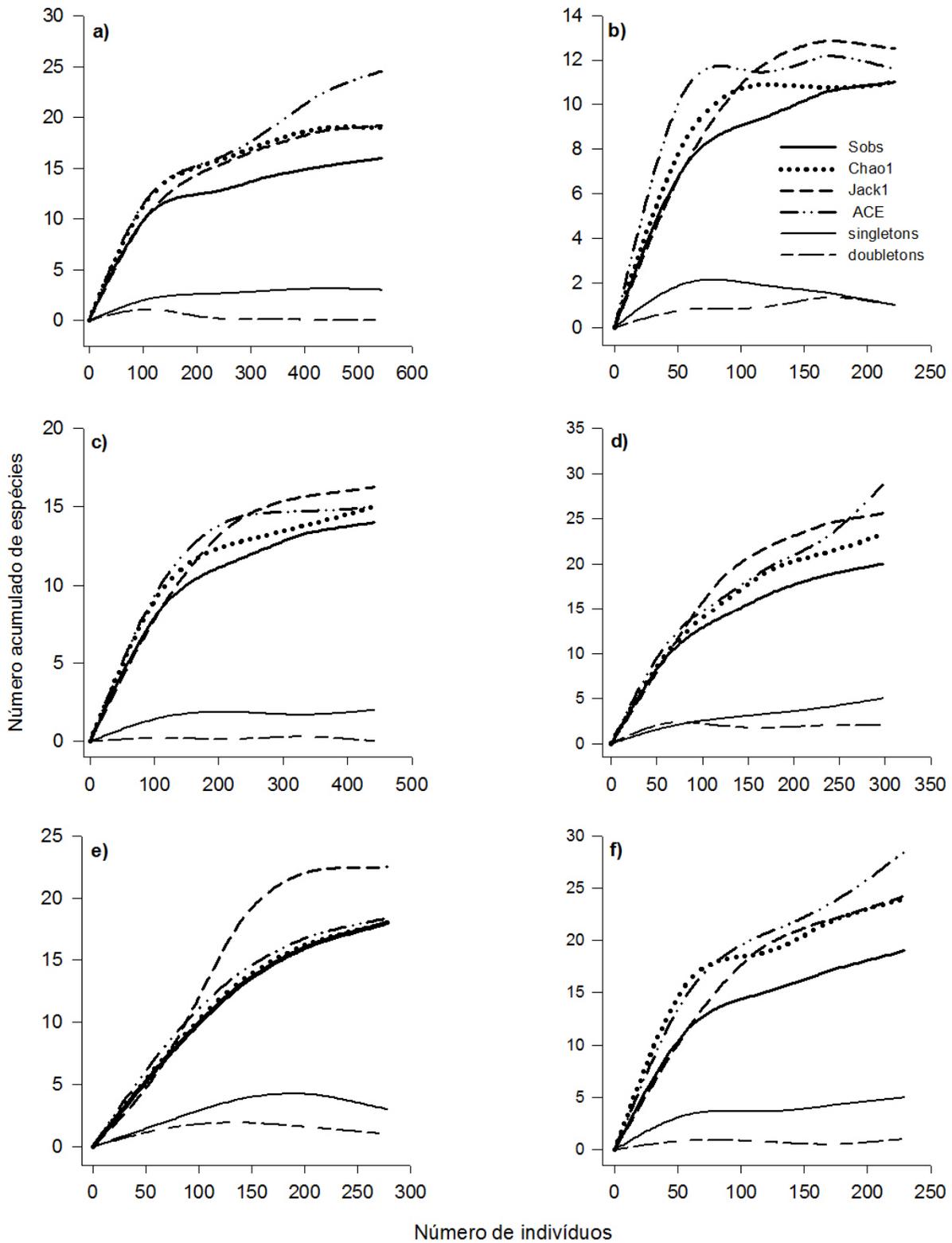


Fig. 5 Curvas de acumulação de espécies para áreas úmidas do Campo de Instrução de Formosa. a) CBI seca, b) CBI chuva, c) CBII seca, d) CBII chuva, e) GR seca, f) GR chuva

Em CBI é possível observar que as curvas de acumulação alcançaram assíntota em pouco mais de 200 indivíduos na estação seca (Fig. 5a). E na estação chuvosa o comportamento assintótico também foi observado para todas as curvas (Fig. 5b). Na estação seca CBII apresentou comportamento assintótico, sendo que as curvas de *singletons* e *doubletons* apresentaram comportamento diferenciado com tendência crescente para *singletons* e visivelmente caindo após 300 indivíduos para *doubletons* (Fig. 5c). Na estação chuvosa, apenas a curva de acumulação para Jackk1 apresentou comportamento assintótico, provavelmente influenciado pelo comportamento de *doubletons*, que visivelmente decresceu (Fig. 5d).

Ainda para o CIF, na estação seca, a área úmida denominada de GR obteve comportamento assintótico somente na curva de acumulação de espécies para Jackk1, e *singletons* e *doubletons* declinaram após 250 indivíduos (Fig. 5e). Na estação chuvosa, nenhum estimador de riqueza alcançou assíntota, assim como a curva de acumulação para Sobs (Fig. 5f).

DISCUSSÃO

De maneira geral, os estudos de áreas úmidas no Brasil têm sido conduzidos em regiões de planície de grandes rios brasileiros, como a planície de Inundação do Rio Paraná e no Pantanal (*e.g.* Roberto et al. 2010; Alho 2011). Essas duas grandes áreas úmidas brasileiras apresentam fauna de Cladocera extremamente rica, entre 60 e 85 espécies (Hollwedel et al. 2003; Serafim-Júnior et al. 2003; Junk et al. 2006). Diante desses dados, não seria correto fazer comparações de riqueza com os resultados obtidos aqui em função das diferenças de amostragem em escalas temporais e espaciais, uma vez que essas grandes áreas úmidas são alvo de estudos a mais de 20 anos.

Também avaliando áreas úmidas rasas e densamente cobertas por macrófitas no vale do Rio Paranã-GO, Elmoor-Loureiro (2007) registrou, para o ambiente mais rico e mais pobre, um total de 19 e quatro espécies de Cladocera, respectivamente. Em estudo de áreas úmidas rasas no Cerrado, Sousa and Elmoor-Loureiro (2008) reportaram onze espécies na área mais rica e quatro espécies na mais pobre ao realizar inventário da fauna de Cladocera do Parque Nacional das Emas, também no estado de Goiás.

Se compararmos os resultados desses trabalhos com o número de espécies encontradas nas áreas úmidas estudadas no CIF e no PNB (Tabelas 4 e 5) é perceptível que o número de espécies é bastante similar, o que pode indicar um possível padrão de riqueza de espécies de Cladocera para esses ambientes.

A aplicação de estimadores para as áreas úmidas que nós estudamos previu que, dependendo da área, da estação sazonal e do estimador utilizado, deixamos de acessar entre 5% e 35% das espécies estimadas para as áreas estudadas (Tabela 6). Isso significa que foi possível acessar um número suficiente de espécies para nossas áreas, pois, de acordo com Heck et al. (1975), um levantamento de espécies poderia ser considerado satisfatório quando são obtidas entre 50% e 70% da espécies que potencialmente ocorrem em um dado plot ou ecossistema. Este critério também é adotado por Willians et al. (2007).

Estimadores não paramétricos têm sido utilizados para acessar a riqueza de invertebrados aquáticos e o resultado é quase sempre dado por uma super-estimativa da Sobs (Melo and Froehlich 2001; Muirhead et al. 2006; Turki and Turki 2010), sendo esse mesmo padrão encontrado no presente estudo. Isto gera certa controvérsia sobre a confiabilidade dos resultados, uma vez que o estimador ideal é aquele cujos resultados são sub-estimativas da Sobs, mas, o comportamento assintótico ou não de curvas de acumulação de espécies para esses mesmos estimadores pode apontar se os resultados obtidos são representativos.

Foi observado comportamento assintótico das curvas de acumulação de espécies para os estimadores nas áreas úmidas aqui estudadas (Figs. 4 e 5). O comportamento das curvas de acumulação de espécies para estimadores ocorre em função do número de espécies raras (Melo 2004). Em todas as áreas cujas curvas atingiram assíntota em pelo menos um estimador (estação seca em HE, PM, CBI, CBII e GR; estação chuvosa em HE, CBI e CBII), é possível observar decréscimo ou, pelo menos, estabilização de uma das curvas de espécies raras (*singletons* e *doubletons*), apontando que a probabilidade de novas espécies serem acrescentadas com o aumento do esforço amostral é baixa (Melo 2004).

Por outro lado, fica também evidente que o método de amostragem empregado neste estudo não foi satisfatório na estação seca para EX e na estação chuvosa para CBII e GR. O uso de estimadores não-paramétricos pode evidenciar falhas nos métodos de amostragem, conforme estudos têm indicado (Muirhead et al. 2006; Cardoso et al. 2009; Zigmajster et al. 2010). Especificamente para áreas úmidas, a heterogeneidade espacial parece ser um fator importante que pode gerar falhas na amostragem (Kaeser and Kirkman 2009). Para as áreas úmidas do Cerrado estudadas aqui, pode-se apontar, como fator de heterogeneidade, a presença de macrófitas diversas, que são responsáveis por aumentar a complexidade espacial nos ambientes aquáticos, seja pelo elevado número de espécies quanto pelas formas de vida ou arquitetura. É bem provável que deixamos de avaliar algum aspecto da complexidade fornecida pela vegetação no método de amostragem utilizado.

Outro fator importante é a sazonalidade climática que, reconhecidamente é uma característica do Bioma Cerrado e influencia as assembleias biológicas (Ledru 2002). Apontamos que nas áreas úmidas estudadas o aumento da profundidade, assim como a expansão do espelho d'água, pode favorecer o desenvolvimento de novas espécies de macrófitas, ampliando também a área de colonização da vegetação e, então, aumentando a complexidade espacial. Além disto, o efeito diluidor da água sobre a assembleia na estação

chuvosa implica no aumento do esforço amostral na tentativa de ampliar o número de espécies coletadas. Sendo assim, podemos indicar que a sazonalidade seja bastante relevante para avaliar a riqueza de espécies de Cladocera em áreas úmidas do Cerrado.

Em conclusão, os estimadores de riqueza de espécies não-paramétricos podem, realmente, facilitar a predição do número de espécies para ecossistemas que são pobremente estudados, como é caso das áreas úmidas palustres do Cerrado brasileiro. Todos os resultados alcançados acabaram revelando eficiência na obtenção de um bom conjunto de dados para o protocolo de amostragem utilizado. Entretanto, o método de amostragem não foi tão eficiente em algumas áreas, possivelmente, como consequência da heterogeneidade espacial e a sazonalidade, o que pode ser minimizado pelo aumento na extensão dos transectos, aumento no número de pontos de amostragem por transectos assim como no aumento do espaço percorrido para o arraste da rede e obtenção da fauna. Mesmo assim, a porcentagem média de extrapolação de riqueza mostrou que a coleta foi adequada (Tabela 6). Na realidade, não existem métodos padronizados para a coleta de dados em estudos da fauna de microcrustáceos para áreas úmidas do Cerrado brasileiro, sendo que aqui foi avaliado um novo protocolo de coleta. Como perspectivas, esperamos que este método seja utilizado e avaliado para a fauna de Cladocera em outras áreas e também para outros componentes da fauna associada à vegetação aquática, como Copepoda e Rotifera. A utilização de um mesmo protocolo de amostragem é estratégia importante, uma vez que a falta de padronização na obtenção dos dados limita comparações em estudos de biodiversidade.

REFERÊNCIAS

Agostinho AA, Thomaz SM, Gomes LC (2005) Conservation of the Biodiversity of Brazil's Inlands Waters. *Conservation Biology* 19:646-652

- Alho CJR (2011) Biodiversity of the Pantanal: its magnitude, human occupation, environmental threats and challenges for conservation. *Brazilian Journal of Biology* 71:229-232
- Cardoso MS, Henriques SS, Gaspar C, Crespo LC, Carvalho R, Schimdt JB, Sousa P, Szus T (2009) Species richness and composition assessment of spiders in a Mediterranean scrubland. *Journal of Insect Conservation* 13:45-55
- Caterino MS (2007) Species and complementarity of beetle faunas in a mediterranean-type biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation* 16:3993-4007
- Colwell RK (2009) EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2 User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimate terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of The Royal Society (Series B)* 345: 101-118
- Cruz ICS, Kikuchi RKP, Leão ZMAN (2008) Use of the video transect method for characterizing the itacolomis reefs, eastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 56:271-280
- Elmoor-Loureiro LMA (1997) Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Universa, Brasília
- Elmoor-Loureiro LMA (2007) Phytophilous cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Paranã River Valley, Goiás, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24:344-352
- Forró L, Korovichinsky NM, Kotov AA, Petrusek A (2008) Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:177-184

- Glowacki L (2011) Accuracy of species richness estimator applied to fish in small and large temperate low land rivers. *Biodiversity and Conservation*. Doi 10.1007/s10531-011-0032-1
- González-Oreja JA, Garbisu C, Mendarte S, Ibarra A, Albizu I (2010) Assessing the performance of non parametric estimators of species in meadows. *Biodiversity and Conservation* 19:1417-1436
- Gotelli NJ, Colwell RK (2001) Quantifying biodiversity: produceres and pitfalls in the measuring and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4:379-391
- Gotelli NJ, Colwell RK (2010) Estimating species richness. In: Magurran AE, McGill BJ (eds) *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment*. Oxford, United Kingdom, pp 39-54
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4:1-9
- Heck KLJ, van Belle G, Simberloff D (1975) Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* 56:1459-1461
- Hollweldel W, Kotov AA, Brandorff GO (2003) Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) from the Pantanal (Brazil). *Athropoda Selecta* 12:67-93
- Junk W, Cunha CN, Wantzen KM, Peterman P, Strussmann C, Marques MI, Adis J (2006) Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences* 68:278-309
- Kaeser JM, Kirkman LK (2009) Estimating total plant species richness in depressional wetlands in the longleaf pine ecosystem. *Wetlands* 29:866-874
- Klink CA, Machado RB (2005) A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1:148-155

- Kotov AA, Garfias-Espejo T, Elías-Gutiérrez M (2004) Separation of two Neotropical species: *Macrothrix superaculeata* (Smirnov, 1982) versus *M. elegans* Sars, 1901 (Macrothricidae, Anomopoda, Cladocera). *Hydrobiologia* 517:61-88
- Kotov AA, Štifter P (2006) Cladocera: Family Ilyocryptidae (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda), Backhuys Publisher/Kenobi Productions, Leiden and Ghent
- Ledru MP (2002) Late Quaternary History and Evolution of Cerrados as revealed by palynological records. In: Oliveira PS, Marquis RJ (eds) *The Cerrados of Brazil*. New York, United States of America, p 33-50
- Magurran AE (2004) *Measuring Biological Diversity*, Blackwell, Oxford
- Magurran AE, Queiroz H (2010) Evaluating Tropical Biodiversity: Do We Need a More Refined Approach? *Biotropica* 42:537-539
- Melo AS (2004) A critique of the use of jackknife and related non-parametric techniques to estimate species richness. *Community Ecology* 5:149-157
- Melo AS, Froehlich CG (2001) Evaluation of methods for estimating macroinvertebrate species richness using individual stones in tropical streams. *Freshwater Biology* 46:711-721
- Merlo MJ, Parietti M, Etchegoin JA (2010) Evaluation of species richness estimators in studies of diversity involving two larval digenean communities parasitizing snail hosts. *Parasitology Research* 107:1093-1102
- Muirhead JR, Ejmont-Karabin J, MacIsaac HJ (2006) Quantifying rotifer species richness in temperate lakes. *Freshwater Biology* 51:1696-1709
- Myers N (2003) Biodiversity hotspots revisited. *BioScience* 53:916-917
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kents J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priority. *Nature* 403: 853-858

- Petersen FT, Meier R, Larsen MN (2003) Testing richness species estimation methods using museum label data on the Danish Asilidae. *Biodiversity and Conservation* 12:687-701
- Ramsar information Paper n° 1. What are wetlands? Available via DIALOG. <http://www.ramsar.org/about/info2007-01-e.pdf>. Accessed 26 May 2011.
- Reid JW (1984) Semiterrestrial meiofauna inhabiting a wet campo in central Brazil, with special reference to the Copepoda (Crustacea). *Hydrobiologia* 118:95-111
- Reid JW (1987) The cyclopoid copepods of a wet campo marsh in central Brazil. *Hydrobiologia* 153:121-138
- Reid JW (1993) The Harpacticoid and cyclopoid copepod fauna in the cerrado region of central Brazil. 1. Species composition, habitats, and zoogeography. *Acta Limnologica Brasiliensia* 6:56-68
- Reid JW (1994) *Murunducaris juneae*, new genus, new species (Copepoda: Harpacticoida: Parastenocarididae) from a wet campo in central Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 14(4):771-781
- Roberto MC, Santana FC, Thomaz SM (2010) Lymnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Brazilian Journal of Biology* 69:717-725
- Serafim-Júnior M, Lansac-Tôah FA, Paggi JC, Velho LFM, Robertson B (2003) Cladocera fauna composition in a river-lagoon system of the Upper Paraná River floodplain, with a new record for Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63:349-356
- Sinev AY, Elmoor-Loureiro LMA (2010) Three new species of chydorid cladocerans of subfamily Aloninae (Branchipoda: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil. *Zootaxa* 2390:1-25
- Smirnov NN (1992) *The Macrothricidae of the world*. SPB Academic Publishing, Amsterdam

- Smirnov NN (1996) Cladocera: The Chydorinae and Sarsiinae (Chydoridae) of the world.
SPB Academic Publishing, Amsterdam
- Sousa FDR, Elmoor-Loureiro LMA, Mendonça-Galvão L, Rodrigues-Júnior I (2010)
Crustacea, Cladocera, Anomopoda, Ilyocryptidae, *Ilyocryptus sarsi* Stingelin, 1913: A
new record and geographic distribution in Brazil. Checklist 6:330-331
- Sousa FDR, Elmoor-Loureiro LMA (2008) Phytopilous cladocerans (Crustacea,
Branchiopoda) of the Parque Nacional das Emas, State of Goiás. Biotaneotropica
8:159-166
- Thomaz SM, Cunha ER (2010) The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic
ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal
assemblages' composition and biodiversity. Acta Limnologica Brasiliensia 22:218-236
- Turki S, Turki B (2010) Copepoda and Branchiopoda from Tunisian temporary waters.
International Journal of Biodiversity and Conservation 2:86-97
- Van-Damme K, Kotov AA, Dumont HJ (2010) A checklist of names in *Alona* Baird
1843(Crustacea: Cladocera: Chydoridae) and their current status: an analysis of the
taxonomy of a lump genus. Zootaxa 2330:1-63
- Van-Damme K, Sinev AY, Dumont HJ (2011) Separation of *Anthalona* gen.n. from *Alona*
Baird, 1843 (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda): morphology and evolution of
scraping stenothermic alonines. Zootaxa 2875:1-64
- Williams VL, Witkowski ETF, Balkwill K (2007) The use of incidence-based species
richness estimators, species accumulation curves and similarity measures to appraise
ethnobotanical inventories from South Africa. Biodiversity and Conservation 16:2495-
2513

Zagmajster M, Culver DC, Cristiman MC, Sket B (2010) Evaluating the sampling bias in pattern of subterranean species richness: combining approaches. *Biodiversity and Conservation* 19:3035-3048

Tabela 1 Número de pontos de amostragem avaliados nas áreas úmidas estudadas no Cerrado do Brasil Central

Legenda	Áreas úmidas	Transectos		Comprimento Máximo (m)
		Nº de pontos de amostragem Seca	Nº de pontos de amostragem Chuva	
PNB				
HE	Lagoa do Henrique	5	5	46
EX	Lagoa do Exército	5	5	50
PM	Peito de Moça	3	3	50
CIF				
CBI	Lagoa Cabocla I	4	4	50
CBII	Lagoa Cabocla II	5	5	50
GR	Lagoa Grande	4	4	45

Tabela 2 Média, desvio padrão, valores de máximo e mínimo para as variáveis limnológicas mensuradas na estação seca e chuvosa nas áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa

Variáveis	Parque Nacional de Brasília					
	Seca			Chuva		
	HE	EX	PM	HE	EX	PM
Temperatura (°C)	22,7±1,0 (21,2-23,9)	23,4±1,2 (22,4-25,2)	22,7±1,9 (20,6-24,1)	28,3±0,5 (27,8-29)	25,2±1,9 (22,3-27,3)	25,7±3,4 (23,4-29,6)
pH	5,2±0,2 (4,9-5,5)	5,3±0,2 (5,2-5,5)	5,6±0,6 (5,1-6,2)	5±0,1 (4,9-5,2)	5,7±0,6 (5,1-6,6)	5,3±0,3 (5,1-5,6)
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,8±1,0 (3,6-6,3)	5,4±0,3 (4,9-5,9)	4,9±0,9 (4,1-5,8)	5±0,6 (4,2-5,6)	5,6±1,4 (3,8-7,0)	5,1±0,1 (4,9-5,2)
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	5,3±2,9 (2,8-8,9)	4,5±0,9 (3,3-5,7)	6,7±1,4 (5,2-7,9)	4,6±0,8 (3,9-5,9)	5,1±1,6 (3,7-6,9)	8,8±3,9 (5,4-13,1)

(continuação)

Campo de Instrução de Formosa						
Variáveis	Seca			Chuva		
	CBI	CBII	GR	CBI	CBII	GR
Temperatura (°C)	24,5±13,0 (22,9-26,2)	19±1,5 (17,0-20,5)	23,3±2,3 (20,5,0-25,2)	25,1±0,7 (24,1-25,8)	25,7±0,9 (24,5-26,7)	31,0±0,3 (30,7-31,4)
pH	4,6±0,5 (3,9-5,2)	5,2±0,2 (4,9-5,3)	5,5±0,3 (5,2-5,9)	5,4±0 (5,38-5,43)	5,6±0,2 (5,3-5,8)	5,9±0,6 (5,6-6,8)
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,3±0,6 (4,7-6,0)	4,2±0,7 (3,0-4,9)	5,2±1,2 (5,9-3,5)	4,1±0,4 (3,7-4,6)	3,3±0,5 (2,7-3,8)	4,4±1,1 (4,2-4,5)
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	6,2±2,2 (4,8-9,4)	4,5±0,6 (3,8-5,2)	4,4±3,1 (2,7-9,0)	5,3±0,7 (4,6-6,3)	5,7±0,9 (4,8-6,7)	5,4±1,7 (3,9-7,3)

Tabela 3 Lista de espécies de Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) encontradas em áreas úmidas palustres do Cerrado do Brasil Central

Taxa	Seca						Chuva					
	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
SIDIDAE BAIRD, 1850												
<i>Latonopsis australis</i> -group					•	•	•				•	•
DAPHNIIDAE STRAUS, 1829												
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886					•		•					
<i>Ceriodaphnia</i> sp1					•						•	
<i>Ceriodaphnia</i> sp2											•	
ILYOCRYPTIDAE SMIRNOV, 1992												
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
MACROTHRICIDAE NORMAN & BRADY, 1867												
<i>Macrothrix elegans</i> Sars, 1901												•
<i>Macrothrix paulensis</i> (Sars, 1900)	•			•	•		•	•		•	•	•
<i>Streblocerus pygmaeus</i> Sars, 1901		•			•			•			•	•
CHYDORIDAE STEBBING, 1902												
<i>Acroperus tupinamba</i> Sinev & ElmoorLoureiro, 2010			•	•					•			
<i>Alona dentifera</i> (Sars, 1901)	•					•						
<i>Alona glabra</i> Sars, 1901											•	

(continuação)

Taxa	Seca						Chuva					
	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
<i>Alona iheringula</i> Sars, 1901	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•
<i>Alona intermedia</i> Sars, 1862	•	•			•	•					•	•
<i>Alona ossiani</i> Sinev, 1998	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Alona setigera</i> Brehm, 1931	•	•	•	•			•	•			•	
<i>Alona</i> sp.			•									
<i>Alonella clathratula</i> Sars, 1896	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•
<i>Alonella dadayi</i> Birge, 1910	•	•		•	•		•	•		•	•	•
<i>Anthalona verrucosa</i> (Sars, 1901)	•			•		•	•	•		•	•	•
<i>Celsinotum candango</i> Sinev & ElmoorLoureiro, 2010	•						•	•				
<i>Chydorus dentifer</i> Daday, 1905				•		•						•
<i>Chydorus eurynotus</i> Sars, 1901				•	•	•	•	•		•	•	•
<i>Chydorus pubescens</i> Sars, 1901	•					•	•				•	•
<i>Disparalona leptorhyncha</i> Smirnov, 1996						•						•
<i>Dunnhevedia odontoplax</i> (Sars, 1901)				•								
<i>Ephemeroporus</i> sp.	•				•	•	•	•			•	•
<i>Ephemeroporus barroisi</i> (Richard, 1984)	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•
<i>Graptoleberis occidentalis</i> Sars, 1901	•	•		•	•	•	•			•	•	•
<i>Karualona muelleri</i> (Richard, 1897)	•					•		•				•

(continuação)

Taxa	Seca						Chuva					
	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
<i>Leydigiopsis curvirostris</i> Sars, 1901	•						•				•	
<i>Notoalona sculpta</i> (Sars, 1901)	•											

Tabela 4 Riqueza de espécies nas áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília, DF

Parque Nacional de Brasília						
	Seca			Chuva		
	HE	EX	PM	HE	EX	PM
Amostras	5	5	3	5	5	3
Indivíduos	459	263	66	147	277	11
Sobs	18 ($\pm 1,27$)	10 ($\pm 1,63$)	6 ($\pm 0,64$)	17 ($\pm 1,78$)	14 ($\pm 2,18$)	2 ($\pm 0,53$)
<i>Singletons</i>	3	2	0	5	4	-
<i>Doubletons</i>	1	0	1	2	1	-
Chao1	19,50 ($\pm 2,60$)	11 ($\pm 2,27$)	6 ($\pm 0,01$)	22,60 ($\pm 3,49$)	17 ($\pm 4,18$)	-
Jackk1	21,20 ($\pm 1,96$)	12,40 ($\pm 1,60$)	7,33 ($\pm 1,33$)	20,33 ($\pm 4,13$)	18,80 ($\pm 3,88$)	-
ACE	19,91	11,27	6	20,77	16,88	-

Tabela 5 Riqueza de espécies nas áreas úmidas amostradas no Campo de Instrução de Formosa, GO

Campo de Instrução de Formosa						
	Seca			Chuva		
	CBI	CBII	GR	CBI	CBII	GR
Amostras	4	5	4	4	5	4
Indivíduos	441	544	278	222	298	229
Sobs	14 ($\pm 1,02$)	16 ($\pm 1,37$)	18 ($\pm 1,24$)	11 ($\pm 0,60$)	20 ($\pm 1,98$)	19 ($\pm 1,92$)
<i>Singletons</i>	2	3	1	1	5	5
<i>Doubletons</i>	0	0	3	1	2	1
Chao1	15 ($\pm 2,29$)	19 ($\pm 4,55$)	18 ($\pm 0,53$)	11 ($\pm 0,25$)	23,30 ($\pm 4,13$)	24 ($\pm 6,05$)
Jackk1	16,25 ($\pm 1,44$)	19,20 ($\pm 1,50$)	22,50 ($\pm 1,50$)	12,50 ($\pm 0,87$)	25,60 ($\pm 2,04$)	24,25 ($\pm 2,56$)
ACE	15	24,57	18,39	11,60	28,75	28,40

Tabela 6 Porcentagem média de super-estimativa para cada estimador nas áreas úmidas estudadas no Cerrado do Brasil Central

	Porcentagem média de super-estimativa da riqueza					
	Seca			Chuva		
	Chao1	Jackk1	ACE	Chao1	Jackk1	ACE
HE	7,69 ($\pm 0,19$)	15,09 ($\pm 0,29$)	9,60	24,77 ($\pm 0,52$)	16,37 ($\pm 0,67$)	18,15
EX	9,09 ($\pm 0,20$)	19,35 ($\pm 0,30$)	11,26	17,65 ($\pm 0,73$)	25,53 ($\pm 0,99$)	17,06
PM	0	18,14 ($\pm 0,24$)	0	-	-	-
CBI	6,66 ($\pm 0,15$)	13,84 ($\pm 0,19$)	6,66	0	12 ($\pm 0,10$)	5,17
CBII	15,78 ($\pm 0,71$)	16,66 ($\pm 0,24$)	34,87	14,96 ($\pm 0,61$)	21,87 ($\pm 0,44$)	30,43
GR	0	20 ($\pm 0,30$)	0	20,83 ($\pm 1,26$)	21,64 ($\pm 0,55$)	33,09

CAPÍTULO II

DETERMINANTES LOCAIS DA COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) EM ÁREAS ÚMIDAS PALUSTRES DO CERRADO, SAVANA TROPICAL BRASILEIRA

RESUMO É conhecido que a riqueza e composição de assembléias de Cladocera são altamente influenciadas pela vegetação aquática. Com o objetivo de avaliar os fatores que influenciam a riqueza e composição de espécies de Cladocera, seis áreas úmidas palustres localizadas em duas áreas preservadas foram amostradas em duas campanhas (seca e chuva/2009). As assembléias de macrófitas e Cladocera, assim como variáveis limnológicas foram amostradas a partir de um gradiente ambiental com início na região de menor profundidade e em direção ao centro dos corpos d'água estudados. A fauna foi composta por espécies que tipicamente habitam regiões com elevada cobertura vegetal, sendo a família Chydoridae mais especiosa. A composição de fauna foi diferenciada entre as áreas úmidas amostradas (ANOSIM, $R = 0,311$; $p = 0,001$). A análise de espécies indicadoras confirmou que *Celsinotum candango* é uma espécie exclusiva para áreas úmidas palustres. A riqueza de Cladocera foi influenciada positivamente pela riqueza de macrófitas de ($R^2 > 0,5$; $p < 0,05$), ou seja, a heterogeneidade espacial fornecida pela vegetação aquática parece ser um fator determinante para estruturação da assembléia de Cladocera em áreas úmidas palustres do Cerrado do Brasil Central.

PALAVRAS-CHAVE biodiversidade · heterogeneidade espacial · macrófitas · microcrustáceos · variáveis limnológicas

INTRODUÇÃO

O papel das macrófitas na estruturação das assembléias aquáticas é uma questão muito importante para o desenvolvimento da Limnologia. Tem sido demonstrado por diversos autores, para um conjunto de grupos animais entre invertebrados e vertebrados, que a presença de macrófitas aquáticas influencia os padrões de distribuição, forrageio, ecomorfologia e diversidade (Campbell et al. 1982; Geraldts and Boavida 2004; Rennie and Jackson 2005; Momo et al. 2006; Hornung and Foote 2006; Agostinho et al 2007; Pelicice et al 2008; Thomaz et al. 2008; Hansen et al. 2011).

Algumas métricas para determinar e revelar a influência das macrófitas aquáticas sobre a biota podem ser empregadas em estudos ecológicos. Estas métricas abrangem a questão estrutural - por exemplo, a análise fractal - e visam apontar a interação entre a complexidade fornecida pelas macrófitas com a estrutura das assembléias, além de serem utilizados estudos experimentais com simulação de macrófitas com diferentes tipos de morfologia (McAbendroth et al. 2005; Vieira et al. 2007; Padiãl et al 2009; Hinojosa-Garro et al. 2010; Thomaz and Cunha 2010; Lucena and Duggan, 2011).

Contudo, é possível acessar e testar correlações entre assembléias de macrófitas aquáticas e a diversidade de outros grupos da biota utilizando medidas mais simples como biomassa e riqueza de espécies (Agostinho et al. 2003; Pelicice et al. 2008). Este último parâmetro pode ser uma boa alternativa para estudos realizados em ambientes naturais, altamente diversos, e que não apresentam bancos de macrófitas com espécies dominantes como os encontrados em reservatórios e grandes lagos (*e.g* Laurindsen et al. 1996).

Em ambientes de tamanho reduzido e com águas rasas, como é o caso das áreas úmidas palustres inseridas em formações savânicas do Cerrado do Brasil Central, podem ser encontradas inúmeras espécies de macrófitas (Scheffer et al. 2006), com formas de vida e arquiteturas distintas. Estas características favorecem a formação de diferentes

microambientes, fornecendo heterogeneidade espacial e levando a potencial associação de elevada diversidade de invertebrados aquáticos (Nogueira et al. 2003).

Entre estes invertebrados, os microcústáceos da superordem Cladocera destacam-se por, reconhecidamente, apresentarem elevada diversidade de espécies em associação com macrófitas aquáticas quando comparado, por exemplo, a outros compartimentos dos ecossistemas aquáticos como a zona pelágica (Smirnov 1992, 1996; Forró et al. 2008). Esse grupo é alvo de inúmeros trabalhos que visam avaliar aspectos da estrutura de suas assembléias em áreas dominadas por macrófitas (*e.g* Whiteside and Harmsworth 1967; Duigan 1992; Hann 2000; Tremmel et al. 2000; Elmoor-Loureiro 2007; Sousa et al. 2009; Van Damme and Dumont 2010), contudo, a maior parte destes estudos não avaliam a existência de correlações entre o número de espécies vegetais aquáticas e a diversidade desses microcústáceos.

Assim, é perceptível que existem algumas lacunas no estudo sobre diversidade de Cladocera associada à vegetação aquática, mesmo esses dois componentes da biota formando um bom conjunto para testar a influência de um componente sobre o outro. As áreas úmidas palustres do Cerrado do Brasil Central são ótimos modelos para avaliar a heterogeneidade espacial fornecida pela vegetação aquática sobre a diversidade de Cladocera por serem densamente colonizadas por macrófitas, além de estudos prévios apontarem alta riqueza de microcústáceos nesses ambientes (Reid 1984, 1987, 1993; Sousa and Elmoor-Loureiro 2008).

O objetivo deste estudo foi avaliar os determinantes locais da composição e riqueza de espécies de Cladocera em áreas úmidas palustres naturais do Cerrado do Brasil Central. A composição e riqueza foram avaliadas sob as seguintes hipóteses: (1) não ocorre alta sobreposição de espécies entre as áreas úmidas estudadas; (2) a assembléia de Cladocera é

influenciada pelas variáveis limnológicas; (3) A riqueza de Cladocera é influenciada positivamente pela riqueza de macrófitas aquáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no Brasil central, em duas áreas de proteção que comportam fragmentos inalterados de Cerrado: o Parque Nacional de Brasília e o Campo de Instrução de Formosa (Fig. 1).

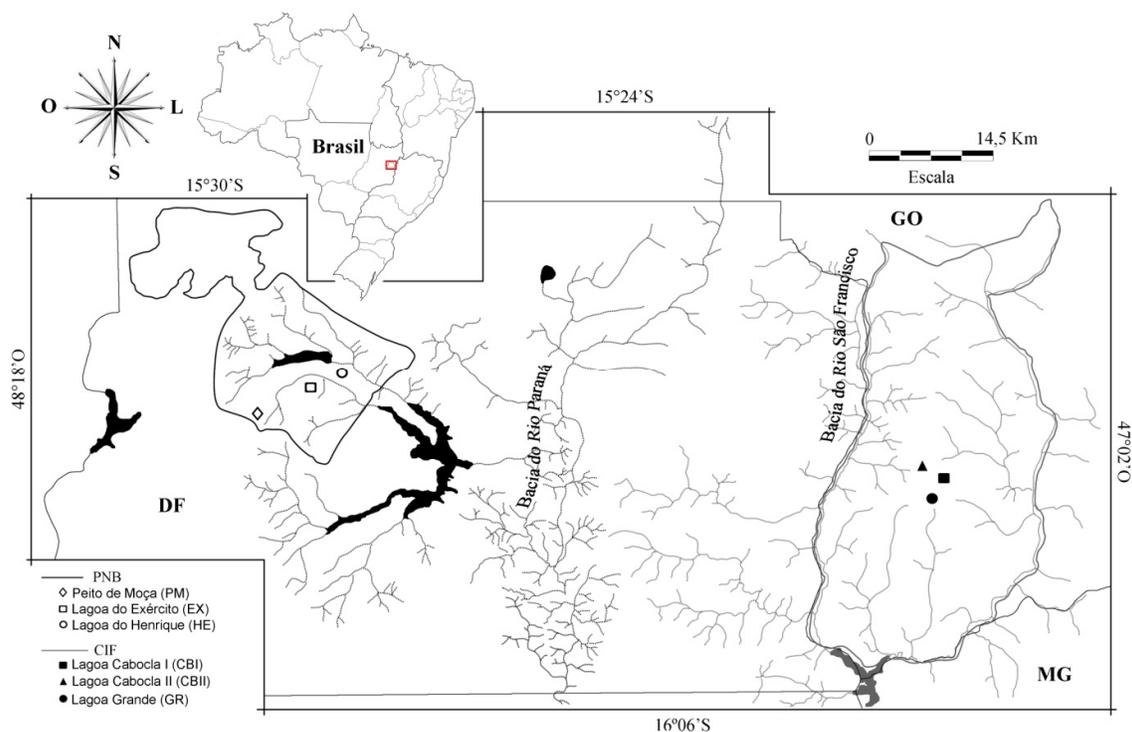


Fig. 1 Localização do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Campo de Instrução de Formosa (CIF), respectivas bacias hidrográficas (Paraná e São Francisco) e áreas úmidas palustres estudadas

O Parque Nacional de Brasília (PNB) fica localizado no Distrito Federal. Possui área total de 42.389 hectares, sendo caracterizado como a maior Unidade de Conservação Integral do Distrito Federal. Os ecossistemas aquáticos do PNB pertencem à bacia do alto Rio Paraná

e apresentam-se, em maioria, por sistemas lóticos de pequeno porte, mas também são encontradas diversas áreas úmidas naturais provenientes do afloramento de lençol freático.

Para este estudo três áreas úmidas palustres foram amostradas e então denominadas de Lagoa do Henrique (15°41'18"S 47°56'10"O), Lagoa do Exército (15°44'44,3"S 47°58'49,1"O) e Peito de Moça (15°45'05,8"S 48°01'33,2"O).

O Campo de Instrução de Formosa (CIF) fica localizado na unidade federativa de Goiás, é uma área sob gerenciamento do Exército brasileiro e faz limite a leste com o Distrito Federal e ao sul com o estado de Minas Gerais. O CIF é formado por um grande fragmento de Cerrado preservado e possui vários tipos de ecossistemas aquáticos como sistemas lóticos, lagoas e áreas úmidas. Os corpos d'água encontrados no CIF pertencem à bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Neste estudo, foram amostradas as seguintes áreas úmidas naturais palustres: Lagoa Cabocla I (15°48'16,6"S 47°14'58,8"O), Lagoa Cabocla II (15°48'22,6"S 47°14'10,6"O) e Lagoa Grande (15°49'37,3"S 47°13'50,8"O).

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Em cada área úmida, um transecto com início na menor profundidade da lâmina d'água foi instalado em direção ao centro do corpo d'água. Em cada transecto, foram escolhidos pontos de amostragem definidos a partir de modificação na profundidade, assim como na assembléia de macrófitas. Em cada ponto dos transectos, foi estabelecida uma linha perpendicular, com até 24m, para coleta dos dados (Fig. 2). Em duas campanhas (julho e agosto/2009; novembro e dezembro/2009) as assembléias de Cladocera e macrófitas foram coletadas, e as variáveis físicas e químicas da água foram mensuradas.

AMOSTRAGEM DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS

Foram mensurados os valores de 11 variáveis limnológicas: temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos, nitrogênio total, nitrogênio inorgânico dissolvido, fósforo solúvel reativo e fósforo total.

Os valores de temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram mensurados em campo com auxílio de sondas específicas. Para todas as outras variáveis foram coletados cinco litros de água com bomba de sucção manual. Os métodos para obtenção dessas variáveis foram realizados de acordo com *Standard methods for examination of water and wastewater* (APHA 2005). Vale ressaltar que os valores de nitrogênio inorgânico dissolvido foram obtidos por meio do somatório de nitrato (N-NO_3^-), nitrito (N-NO_2^-) e nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+).

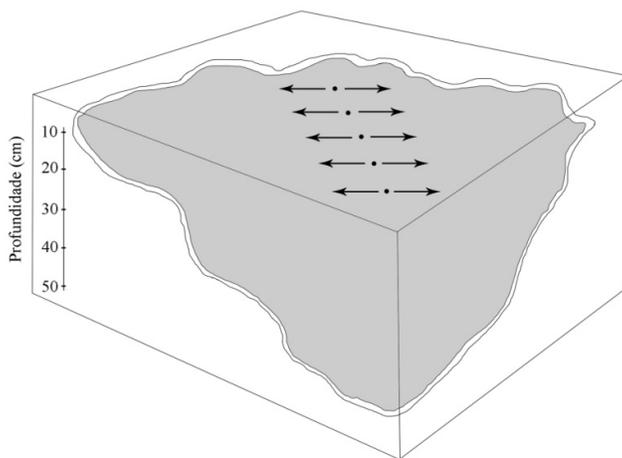


Fig. 2 Diagrama esquemático mostrando a formação dos transectos em cada área de estudo. Os pontos referem-se aos locais onde foram mensuradas as variáveis físicas e químicas da água e as setas a amplitude de onde foram tomadas as amostras da fauna de Cladocera e macrófitas

COLETA, TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE CLADOCERA E MACRÓFITAS

Para a coleta das amostras contendo a fauna de Cladocera, foi utilizada rede de plâncton com abertura de malha de $80\mu\text{m}$ arrastada entre a vegetação aquática por quatro vezes em um

percurso que variou de 20m a 24m. Os animais coletados foram anestesiados em água gaseificada e, posteriormente, fixados em álcool, com proporção final de 70%.

Para cada amostra coletada, sub-amostras com volume de 4ml foram analisadas em estereomicroscópio até que o número de 50 indivíduos fossem alcançados. Em seguida, cinco sub-amostras foram analisadas para verificar a ocorrência de novas espécies. Com adição de novas espécies, novas sub-amostras foram analisadas até que a riqueza estabilizasse.

Todos os indivíduos obtidos foram contados e identificados com suporte de referências taxonômicas (Smirnov 1992, 1996; Elmoor-Loureiro 1997; Kotov et al. 2004; Kotov and Stifter 2006; Sinev and Elmoor-Loureiro 2010; Van Damme et al. 2010, 2011).

As macrófitas foram coletadas manualmente para cada ponto dos transectos, em linha reta, perpendicularmente à direção de cada transecto, em um percurso de até 24 metros. Todo o material vegetal coletado nas áreas de estudo foi herborizado seguindo o procedimento usual para plantas terrestres, com exceção às macrófitas submersas que foram armazenadas em álcool 92%. As famílias foram classificadas de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group (APG III 2009) e os nomes das espécies e de seus respectivos autores foram conferidos no W³Trópicos (www.mobot.org). A identificação foi realizada com auxílio de bibliografia especializada (Pott and Pott 2000; Munhoz et al. 2011).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As variáveis limnológicas foram avaliadas por meio da análise de componentes principais (PCA) utilizando matriz de correlação, sendo os escores desta análise obtido no software PAST (Hammer et al. 2001).

A composição das assembléias de Cladocera foi comparada usando a técnica de escalonamento multi-dimensional não métrico (NMDS) utilizando coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, onde os valores de abundância foram previamente transformados por raiz

quadrada para minimizar o efeito das espécies mais abundantes. Com base nesta análise, o teste ANOSIM (com 999 permutações) foi aplicado aos dados com objetivo de avaliar se havia diferenças significativas quanto à composição de espécies entre as áreas úmidas amostradas (Clarke 1993). Estas análises foram realizadas no software R, utilizando os pacotes Vegan e MASS. A associação da estrutura da assembléia de Cladocera com as variáveis limnológicas foi verificada por correlação de Pearson entre o eixo 1 da NMDS e o eixo 1 da PCA (Simões and Sonoda 2009).

As possíveis espécies indicadoras das áreas estudadas foram obtidas utilizando Dufrene-Legendre Indicator Species Analysis (Indval). Esta análise calcula um valor de indicação de espécies para grupos pré-definidos, baseados nas frequências e nas abundâncias relativas das espécies observadas (Legendre and Legendre 1998). Esta análise foi realizada no software R utilizando o pacote labdsv.

A relação da riqueza da assembléia de Cladocera com a riqueza de macrófitas aquáticas foi investigada utilizando regressão linear simples. Os dados foram submetidos à análise residual para avaliar a adequabilidade da distribuição de erro, sendo confirmada a normalidade (resultados em anexo). Esta análise foi conduzida no software R utilizando o pacote RRJ. Para melhor visualização gráfica, os dados foram transformados em $\log x+1$.

RESULTADOS

A tabela 1 mostra os resultados das variáveis físicas e químicas para as duas campanhas de coleta. As áreas úmidas amostradas possuem, em média, baixos níveis de condutividade elétrica e baixos teores de oxigênio dissolvido. Os valores de pH encontrados apontam águas levemente ácidas, sempre abaixo de 6. Em relação aos nutrientes, as áreas estudadas possuem, em média, baixos níveis de nitrogênio e fósforo.

A PCA utilizando 11 variáveis explicou 45,33% da variação total dos dados no primeiro e segundo eixos de ordenação (Fig. 3). Em relação às correlações com os eixos (Tabela 2), as variáveis mais importantes para o eixo 1 foram sólidos dissolvidos ($r = 0,71$) e nitrogênio inorgânico ($r = 0,74$). No eixo 2 as principais variáveis foram fósforo solúvel reativo ($r = 0,66$) e sólidos dissolvidos ($r = 0,52$). O oxigênio dissolvido foi, também, importante para o eixo 1 ($r = -0,59$) sendo, provavelmente, responsável pela ordenação de grande parte dos pontos amostrados nas áreas úmidas.

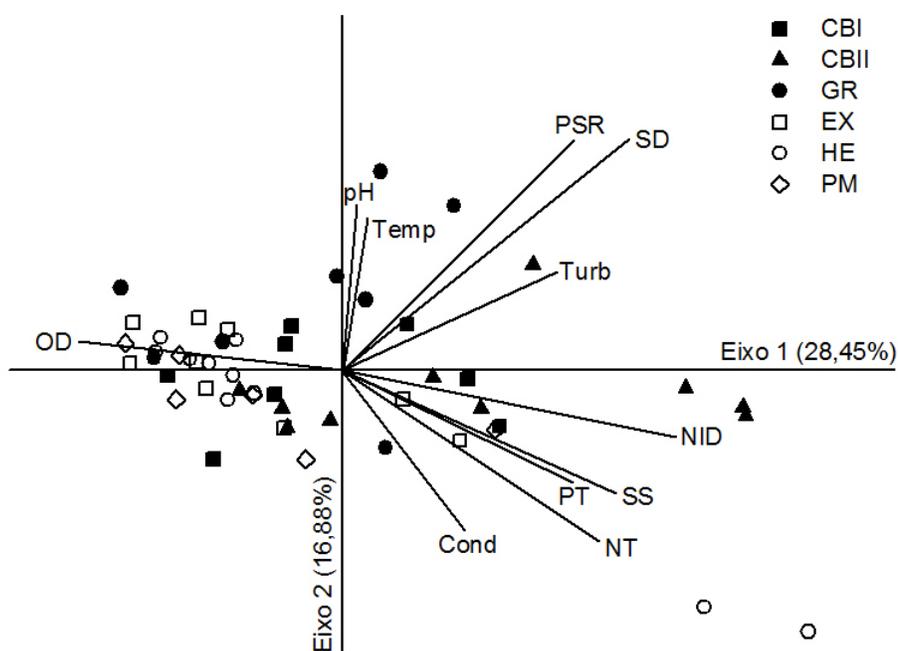


Fig. 3 Análise de Componentes Principais. *Biplot* das variáveis limnológicas mensuradas nas áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. HE = L. Henrique; EX = L. Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande. Temp = temperatura; Cond = Condutividade elétrica; OD = Oxigênio dissolvido; NID = Nitrogênio Inorgânico; NT = Nitrogênio Total; PSR = Fósforo Solúvel Reativo; PT = Fósforo Total; Turb = Turbidez; SS = Sólidos Suspensos; SD = Sólidos dissolvidos

Considerando todas as áreas, foram identificadas 31 espécies de Cladocera distribuídas em cinco famílias. A família Chydoridae foi representante do maior número de espécies (23 spp), seguida das famílias Macrothricidae (3 spp), Daphniidae (3 spp), Ilyocryptidae e Sididae com uma espécie cada (Tabela 3). Nas áreas úmidas estudadas, os valores de riqueza apresentaram-se mais elevados em CBII, seguido por HE, GR, EX, CBI e PM (Fig. 4a).

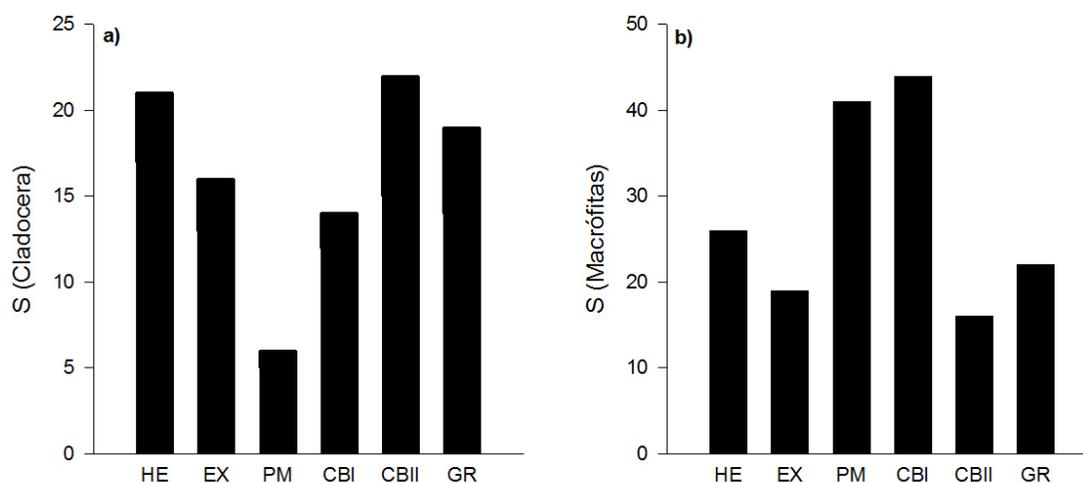


Fig. 4 Riqueza de Espécies. a) Número de espécies de Cladocera registradas nas áreas úmidas. b) Número de espécies de macrófitas registradas nas áreas úmidas. HE = L. Henrique; EX = L. Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

De acordo com a análise de escalonamento multidimensional não-métrico foi possível observar a formação de grupos para algumas amostras que compõem especificamente CBI, CBII, GR e HE (Fig. 5). O *stress* gerado pela NMDS, de 0,1, representa uma boa simulação dos dados em relação composição da assembléia de Cladocera (Clarke 1993).

O resultado da ANOSIM corrobora o agrupamento observado, apontando diferenças de composição de espécies entre as áreas úmidas estudadas ($R = 0,311$; $p = 0,001$). A correlação entre a assembléia de Cladocera e as variáveis limnológicas foi muito baixa e não significativa ($r = 0,0367$; $p = 0,8$), sugerindo que elas não sejam as principais descritoras da

estruturção da assembléia de Cladocera nas áreas úmidas estudadas, uma vez que não existe correlação entre as principais fontes de variação da NMDS e da PCA.

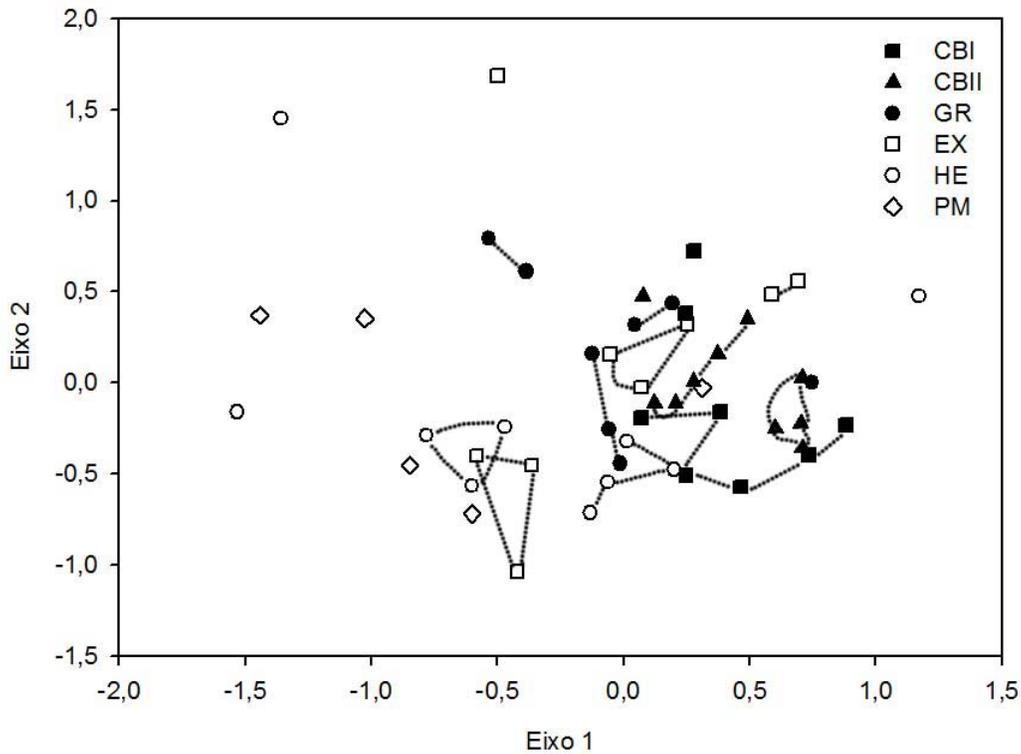


Fig. 5 Escalonamento multidimensional não-métrico em função da distribuição de espécies nas áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de formosa. Stress 0,1. HE = L. Henrique; EX = L. Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

A análise de espécies indicadoras revelou maior representatividade de nove espécies, sendo três em CBI e CBII, duas em GR e uma em HE (Tabela 4). Em CBI *Chydorus eurynotus* obteve maior valor de indicação (44,38%), em CBII o valor de indicação de *Streblocerus pygmaeus* foi de 70,42%, e em GR *Disparalona leptorrhyncha* foi mais representativa (62,50%). Para HE apenas *Celsinotum candango* obteve representatividade (39,71%).

Considerando todas as áreas, a assembléia de macrófitas aquáticas foi composta por 102 espécies sendo que não foi possível a identificação de 17 táxons, mesmo em nível de família. As espécies devidamente identificadas pertencem a 25 famílias (Tabela 5), sendo a família Cyperaceae mais representativa (14 spp), seguida por Euriocaulaceae (10 spp), Melastomataceae (8 spp), Xyridaceae (7 spp), Lentibulariaceae (6 spp), Poaceae (5 spp) e Lycopodiaceae (4 spp). As famílias Asteraceae, Gentianaceae e Polygalaceae apresentaram três espécies cada, e Fabaceae, Lamiaceae, Manyanthaceae, Ochnaceae e Rubiaceae apresentaram duas espécies cada. Para as demais famílias, apenas uma espécie foi registrada. A Fig. 4b mostra que CBI foi a área que apresentou maior número de espécies de macrófitas, seguida por PM, HE, EX, GR e CBII.

A análise de regressão dos dados de riqueza de Cladocera e macrófitas mostrou um padrão linear positivo para todas as áreas úmidas estudadas (Fig. 6). Com exceção de CBII, em todas as áreas pelo menos 50% da riqueza de Cladocera pode ser explicada pela riqueza de macrófitas aquáticas, que é corroborado pela significância estatística obtidas nas regressões.

A relação mais fraca foi observada em CBII ($r^2 = 0,5933$; $p = 0,0706$), e as relações mais consistentes foram observadas em PM ($r^2 = 0,9532$; $p = 0,0032$) e HE ($r^2 = 0,9052$; $p = 0,0003$). Estes resultados demonstram que a riqueza de macrófitas influenciou positivamente na riqueza de Cladocera.

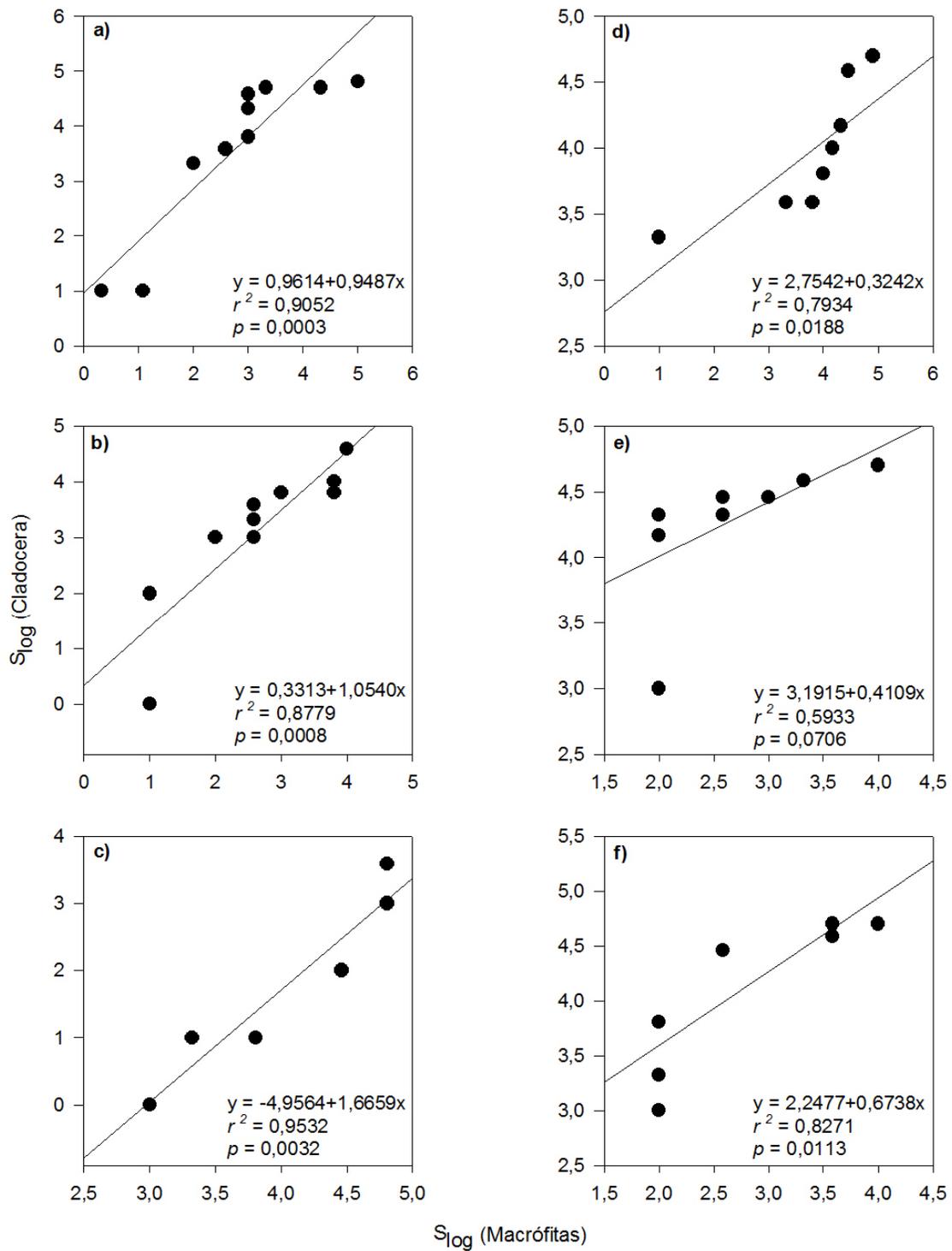


Fig. 6 Análise de regressão do log (S) de Cladocera em função do log (S) de macrófitas para seis áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. a) L. do Henrique; b) L. do Exército; c) Peito de Moça; d) L. Cabocla I; e) L. Cabocla II; f) L. Grande

DISCUSSÃO

As características limnológicas encontradas nas seis áreas úmidas, principalmente relacionadas aos baixos teores de oxigênio dissolvido, valores de pH e condutividade elétrica representam aspectos gerais de ecossistemas aquáticos prístinos encontrados no Cerrado do Brasil Central (Padovesi-Fonseca 2005). O baixo pH da água pode ser atribuído ao solo do Cerrado, que caracteristicamente é ácido, e também à tendência da concentração de metais aumentar em direção a fitofisionomias savânicas e em áreas onde a deficiência hídrica é menor, como no caso das áreas estudadas (Ruggiero et al. 2002; Meneghin et al. 2008; Haridasan 2008; Reato et al. 2008).

Em ambientes rasos como são as áreas úmidas, era esperado que a condutividade elétrica se apresentasse em valores pouco mais elevados devido à interação com sedimento de fundo e redistribuição de partículas em suspensão na coluna d'água. Entretanto, é provável que o papel das macrófitas aquáticas na redução da turbulência forçando a sedimentação de partículas em suspensão seja a possível explicação para a baixa condutividade elétrica observada (Gomes et al. 2010), uma vez que as áreas úmidas estudadas são densamente colonizadas por macrófitas. Estes resultados são corroborados pela baixa média de sólidos suspensos na água (Tabela 1).

As seis áreas úmidas amostradas têm provável surgimento a partir do afloramento do lençol freático e estão totalmente circundadas por sistemas terrestres. Segundo Craft and Casey (2000), os ecossistemas terrestres que circundam áreas úmidas influenciam na deposição de sedimento, sendo esta uma das principais fontes de entrada de nutrientes e matéria orgânica. Isto, somado à ausência de conectividade (que poderia ser um fator de carreamento de parte do sedimento e nutrientes, diminuindo as concentrações nas áreas úmidas) e a presença de macrófitas aquáticas liberando nutrientes por meio da ciclagem de matéria, favoreceria elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo, por exemplo. Contudo,

os valores para as formas fosfatadas e nitrogenadas apresentaram-se baixos, provavelmente como consequência da baixa fertilidade do solo apontada por vários autores para as fitofisionomias savânicas do bioma Cerrado (Moreno and Schiavini 2001; Amorim et al. 2007).

O número de espécies de Cladocera encontradas nas seis áreas úmidas é muito similar ao de outros estudos realizados no Brasil para a zona litoral de ecossistemas aquáticos interiores ou ambientes colonizados por macrófitas (Santos-Wisniewski et al. 2002; Lima et al. 2003; Sousa and Elmoor-Loureiro 2008; Sousa et al. 2009; Elmoor-Loureiro 2007; Soares and Elmoor-Loureiro 2011). Em todos estes estudos, uma maior contribuição da família Chydoridae em número de espécies foi encontrado, o que também foi observado nas áreas úmidas amostradas aqui, sendo este um padrão de composição de fauna muito comum em estudos realizados na zona litoral de sistemas aquáticos, uma vez que a família Chydoridae abriga maior diversidade dentro da Super-Ordem Cladocera (Forró et al. 2008).

Para as outras famílias, o padrão de composição de espécies foi bastante similar ao encontrado nos estudos citados acima, havendo contribuição de outros táxons que são tipicamente de ambientes dominados por macrófitas aquáticas como é o caso das espécies que representam a família Macrothricidae e as espécies *Latonopsis australis* e *Ilyocryptus spinifer*.

Entre os Daphniidae, o gênero *Ceriodaphnia* forma um dos grandes grupos de microcrustáceos filtradores do plâncton em águas interiores, e algumas formas de *C. cornuta* têm sido principalmente encontradas em grandes lagos e reservatórios (Alonso 1991; Dumont, 1994; Espíndola et al. 2000; Eskinazi-Sant'anna et al. 2005; Matsumura-Tundisi and Tundisi 2005). No entanto, *C. cornuta* é comumente encontrada em amostras coletadas entre a vegetação aquática (Elmoor-Loureiro 2007) e a ecologia desta espécie sugere que sua ocorrência se dá em água entre macrófitas, assim como outros representantes da família Daphniidae tipicamente encontrados em na zona litoral, como é o caso do gênero

Simocephalus (Fryer 1991). O mecanismo de alimentação dos Daphniidae, exclusivamente filtradores, é bastante diferente das espécies de Chydoridae e Macrothricidae, que vivem associadas à vegetação ou ao fundo, raspando o biofilme que se desenvolve na superfície destes (Fryer 1968, 1974). Esta é uma especificidade ecológica e evolutiva, sendo a principal explicação para a dominância em número de espécies para Chydoridae, podendo também ser atribuída aos Macrothricidae (Fryer 1995; Kotov 2006).

A hipótese de que a composição de espécies entre as áreas úmidas é pouco similar entre si foi corroborada pelo resultado da ANOSIM ($R = 0,311$; $p = 0,001$) sendo principalmente influenciada pela formação de grupos de amostras de um mesmo corpo d'água, especificamente, para CBI, CBII, GR e HE. A análise de espécies indicadoras mostrou que, para as áreas úmidas, algumas espécies foram mais representativas (Tabela 4). As espécies *Acroperus tupinamba*, *Chydorus eurynotus*, *Disparalona leptorhyncha*, *Ephemeroporus barroisi*, *Karualona muellerii*, *Latonopsis australis* e *Streblocerus pygmaeus* são amplamente distribuídas no Brasil, ocorrendo em diversos corpos d'água da bacia do Rio São Francisco e bacia do Rio Paraná (Elmoor-Loureiro 2000, 2010). Isto mostra que não existe associação específica destas espécies com o tipo de ambiente ou com a bacia hidrográfica amostrada. Por outro lado, estes resultados podem representar alguma associação das espécies indicadas com características ambientais, por exemplo, variáveis físicas e químicas ou estruturação de habitats.

A maior representatividade de *Celsinotum candango* em HE provavelmente sugere ocorrência específica em áreas úmidas, de fato, até o presente estudo, só havia sido registrada para a localidade-tipo, que é justamente a citada acima (Sinev and Elmoor-Loureiro 2010). *C. candango* também foi registrado em EX, o que sugere a especificidade deste táxon com o tipo de ambiente estudado.

Ocorrência em ambientes específicos e endemismo são comuns em espécies do gênero *Celsinotum*. Por exemplo, *C. laticaudatum* apresenta distribuição restrita para o norte da Amazônia brasileira (Smirnov and Santos-Silva 1995) e, no continente australiano, espécies deste gênero mostram preferências ambientais por ecossistemas rasos e salinos (Frey 1991, 1993).

Com os dados de distribuição geográfica apresentados para *Celsinotum candango*, pode-se inferir que as áreas úmidas são ambientes muito importantes para a diversidade específica do bioma Cerrado. Nos nossos resultados, também *Ephmeroporus* sp. mostrou, até o momento, ter distribuição exclusiva em áreas úmidas. Este táxon está em processo de descrição e, possivelmente, representa uma nova espécie endêmica do Bioma e mostra, mais uma vez, a importância das áreas úmidas para a biodiversidade do Cerrado (Elmoor-Loureiro *em preparação*).

Dados da literatura apontam que a composição de espécies, distribuição e aspectos da diversidade são largamente influenciadas pelo mosaico de diferentes habitats fornecidos pelas macrófitas aquáticas. Isto fica mais evidente quando comparações entre o habitat pelágico e a zona litoral mostram diferenças na composição de espécie, abundância e riqueza em função da presença de vegetação (Sakuma and Hanazato 2002; Geraldles and Boavida 2004; Walseng et al. 2006; Castilho-Noll et al. 2010; Sweetman and Smol 2006).

Então, pode-se afirmar que a composição e a riqueza de espécies de Cladocera observadas nas áreas úmidas são resultados da diferenciação de habitats fornecidos pela vegetação aquática, sendo que esta cobre mais de 80% do espelho d'água em todas as áreas estudadas. A relação entre as macrófitas e a assembléia de Cladocera foi confirmada pelas análises de regressão ($R^2 > 0,50$; $p < 0,05$). No caso de CBII, o resultado pouco significativo pode ter sido influenciado pelo baixo número de espécies de macrófitas observado.

Outro resultado que sustenta e confirma a terceira hipótese deste estudo é a ausência de correlação entre as variáveis ambientais e a estrutura da assembléia de Cladocera ($r = 0,0367$; $p = 0,8$), apontando que as macrófitas aquáticas podem, efetivamente, ser melhores descritoras da composição e riqueza de espécies de Cladocera nesses ambientes, uma vez que as características limnológicas são homogêneas. Segundo Ali et al. (2007), as variáveis limnológicas afetam principalmente a estrutura das assembléias de macrófitas aquáticas que propriamente a biota associadas a elas, e os padrões de composição, riqueza e abundância dos invertebrados fitófilos são reflexo destas modificações.

Alguns estudos têm utilizado a biomassa da vegetação aquática e relacionando estes dados com elementos da estrutura das assembléias de invertebrados aquáticos, incluindo Cladocera, e os resultados podem ser dados por uma relação monotônica positiva (*e.g.* Cyr 1988; Tolonen et al. 2005; Declerck et al. 2011) ou unimodal (Dodson et al. 2000). As relações entre medidas indiretas de produtividade, como biomassa, e a diversidade dos sistemas ecológicos são estreitas e, muitas vezes, refletem processos que influenciam variações no número de espécies, principalmente em escala local, gerando padrões como os encontrados e descritos nos artigos citados acima (Hutchinson 1959; Huston 1999; Waide et al. 1999).

Entretanto, a biomassa da vegetação aquática não fornece uma medida de heterogeneidade espacial. Nos ecossistemas aquáticos onde há formação de ecótonos, como é caso das áreas úmidas estudadas, a entrada de nutrientes e matéria orgânica provindas dos sistemas terrestres adjacentes fornece suprimento para o crescimento, aumento da produtividade e conseqüente acúmulo de biomassa na vegetação aquática. Nesse sentido, a utilização de dados de biomassa pode, então, ser vista muito mais como uma relação superfície-área ou, indiretamente, de disponibilidade de recursos, principalmente para animais que dependem de matéria orgânica, como os filtradores fitófilos e raspadores de substratos.

A observação de padrão monotônico positivo encontrado para a relação da riqueza de macrófitas com a riqueza de Cladocera nas áreas úmidas estudadas corrobora os resultados encontrados por Gledhill et al. (2008). Neste estudo, os autores apontam que pequenos ambientes aquáticos têm um papel fundamental na manutenção da diversidade de anfíbios e, principalmente, de invertebrados em paisagens urbanas, justamente por apresentarem diferentes espécies de macrófitas aquáticas.

Embora não tenha sido medido o grau de complexidade estrutural de cada espécie de macrófita aquática catalogada para as áreas úmidas estudadas, a unidade de espécie é um forte indicativo de heterogeneidade e complexidade espacial, uma vez que as diferentes espécies podem estar espacialmente arranjadas de modo distinto dentro de cada corpo d'água (Kuczynska-Kippen 2009), por exemplo, em diferentes profundidades e por apresentarem diferentes hábitos de vida. Outro atributo inerente à unidade de espécie é que nem todos os indivíduos pertencentes a elas possuem as mesmas características morfológicas ou estão no mesmo estágio de desenvolvimento, conferindo diferentes condições e recursos ao habitat (Cronk and Fenessy 2000; Trochine et al. 2009). Isto pode levar a uma relação do tipo encontrada nas áreas úmidas estudadas, já que a fauna de Cladocera é dominante em número de espécies em ambientes com elevada cobertura de macrófitas.

Nossos resultados apontam que as áreas úmidas naturais da savana tropical brasileira possuem composição faunística e riqueza de Cladocera característica de ambientes dominados por macrófitas aquáticas, com maior representatividade de táxons especializados em explorar este tipo de ambiente, especialmente espécies que representam a família Chydoridae. Ainda, a ausência de correlação entre as variáveis limnológicas e a estrutura da assembléia de Cladocera, em contraponto com as fortes relações observadas nas regressões envolvendo os dados de riqueza, mostram que as macrófitas aquáticas são boas descritoras da diversidade

desses microcrustáceos, além de corroborar inúmeras publicações que atestam o papel da vegetação aquática na estruturação de habitats e na formação de ambientes heterogêneos.

Por fim, é preciso ressaltar que as áreas úmidas estudadas abrigam elevada diversidade de espécies da biota aquática e que elas são extremamente importantes para a biodiversidade específica da savana tropical brasileira. Ambigualmente, estes ambientes tão peculiares têm recebido pouca atenção da comunidade científica, gerando uma lacuna sobre a importância destes ambientes para biodiversidade.

REFERÊNCIAS

- Agostinho AA, Gomes LC, Júlio Jr HF (2003) Relações entre macrófitas aquáticas e a fauna de peixes. In: Thomaz SM, Bini LM (eds) Ecologia e Manejo de Macrófitas aquáticas. Eduem, Maringá, Brasil, p 261-280
- Agostinho AA, Thomaz SM, Gomes LC, Baltar SLSMA (2007) Influence of the macrophyte *Eichhornia azurea* on fish assemblage of the Upper Paraná River floodplain (Brazil). Aquatic Ecology 41:611-619
- Ali MM, Mageed AA, Heikal M (2007) Importance of aquatic macrophyte for invertebrate diversity in large subtropical reservoir. Limnologica 37:155-169
- Alonso M (1991) Review of Iberian Cladocera with remarks on ecology and biogeography. Hydrobiologia 225:37-43
- Amorim PK, Batalha MA (2007) Soil-vegetation relationships in hyperseasonal cerrado, seasonal cerrado, and wet grassland in Emas National Park (central Brazil). Acta Oecologica 32:319-327
- Angiosperm Phylogeny Group (2009) An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APGIII. Botanical Journal of the Linnean Society 161:105-121

- APHA (2005) Standard methods for examination of water and wastewater. 21^a edição.
American Public Health Association, Washington 1368 p
- Campbell JM, Clark WJ, Kosinski R (1982) A technique for examining microspatial distribution of Cladocera associated with shallow water macrophytes. *Hydrobiologia* 97:225-232
- Castilho-Noll MSM, Câmara CF, Chicone MF, Shibata EH (2010) Pelagic and littoral cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from reservoirs of the Northwest of São Paulo State, Brazil. *Biotaneotropica* 10:21-30
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117-143
- Craft CB, Casey WP (2000) Sediment and nutrient accumulation in floodplain and depressionnal freshwater wetlands of Georgia, USA. *Wetlands* 20:323-332
- Cronk JK, Fennessy MS (2001) *Wetland plants: biology and ecology*, Lewis, London
- Cyr H, Sowning JA (1988) Empirical relationships of phytomacrofaunal abundance to plant biomass and macrophyte bed characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45:976-984
- Declerck SAJ, Bakker ES, van Lith B, Kersbergen A, van Donk E (2011) Effects of nutrient additions and macrophyte composition on invertebrate community assembly and diversity in experimental ponds. *Basic and Applied Ecology*
DOI:10.1016/j.baae.2011.05.001
- Dodson SI, Arnott SE, Cottingham KL (2000) The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology* 81:2662-2679
- Duigan C (1992) The ecology and distribution of the littoral freshwater Chydoridae (Brachiopoda, Anomopoda) of Ireland, with taxonomic comments on some species. *Hydrobiologia* 241: 1-70

- Dumont HJ (1994) On the diversity of Cladocera in the tropics. *Hydrobiologia* 272:27-38
- Elmoor-Loureiro LMA (1997) Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Universa, Brasília
- Elmoor-Loureiro LMA (2000) Brazilian cladoceran studies: where do we stand? *Náuplius* 8:117-131
- Elmoor-Loureiro LMA (2007) Phytophilous cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Paranã River Valley, Goiás, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24:344-352
- Elmoor-Loureiro LMA (2010) Cladóceros do Brasil: Famílias Chydoridae e Eurycercidae. User's Guide and application published at: <http://cladocera.wordpress.com>
- Eskinazi-Sant'anna EM, Maia-Barbosa PM, Brito S, Rietzler C (2005) Zooplankton Biodiversity of Minas Gerais State: a Preliminary Synthesis of Present Knowledge. *Acta Limnologica Brasiliensia* 17:199-218
- Espíndola ELG, Matsumura-Tundisi T, Rietzler C, Tundisi JG (2000) Spatial heterogeneity of the tucuruí reservoir (state of Pará, Amazônia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. *Brazilian Journal of Biology* 60:179-194
- Forró L, Korovichinsky NM, Kotov AA, Petrusek A (2008) Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:177-184
- Frey DG (1991) A new genus of alonine chydorid cladocerans from athalassic saline waters of New South Wales, Australia. *Hydrobiologia* 224:11-48
- Frey DG (1993) The penetration of cladocerans into saline waters. *Hydrobiologia* 267:233-248
- Fryer G (1968) Evolution and adaptive radiation in the Chydoridae (Crustacea: Cladocera): A study in comparative functional morphology and Ecology. *Philosophical Transactions: Biology Sciences* 254:221-385

- Fryer G (1974) Evolution and adaptive radiation in the Macrothricidae (Crustacea: Cladocera): A study in comparative functional morphology and Ecology. *Philosophical Transactions: Biology Sciences* 269:137-274
- Fryer G (1991) Functional morphology and the adaptive radiation of the Daphniidae (Branchiopoda: Anomopoda). *Philosophical Transactions: Biology Sciences* 331:1-99
- Fryer G (1995) Phylogeny and adaptive radiation within the Anomopoda: a preliminary exploration. *Hydrobiologia* 307:57-68
- Gerals AM, Boavida MJ (2004) Do Littoral Macrophytes Influence Crustacean Zooplankton Distribution? *Limnetica* 23:57-64
- Gledhill DG, James P and Davies DH (2008) Pond density as a determinant of aquatic species richness in an urban landscape. *Landscape Ecology* DOI: 10.1007/s10980-008-9292-x
- Gomes PP, Rodrigues-Ibañez MS, Freitas JS (2010) Spatial and temporal variation of *Peridinium umbonatum* F. Stein, 1883 (Dinophyceae) and its relationship with total phytoplankton of a shallow, oligotrophic lake in central Brazil (Lagoon Bonita, Distrito Federal). *Acta Limnologica Brasiliensia* 22:317-324
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4:1-9
- Hann BJ, Turner MA (2000) Littoral microcrustaceans in Lake 302s in the Experimental lakes area of Canada: acidification and recovery. *Freshwater Biology* 43:133-146
- Hansen JP, Wikstrom SA, Axemar H, Kautsky L (2011) Distribution differences and active habitat choices of invertebrates between macrophytes of different morphological complexity. *Aquatic Ecology* 45:11-22
- Haridassan M (2008) Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 20:183-195

- Hinojosa-Garro D, Mason CF, Underwood GJC (2010) Influence of macrophyte spatial architecture on periphyton and macroinvertebrate community structure in shallow water bodies under contrasting land management. *Fundamental and Applied Limnology* 177/1:19-37
- Hornung JP, Foote AL (2006) Aquatic invertebrate responses to fish presence and vegetation complexity in western boreal wetlands, with implications for waterbird productivity. *Wetlands* 26:1-12
- Huston MA (1999) Local processes and regional patterns: appropriate scales for understanding variation in the diversity of plants and animal. *Oikos* 86:393-401
- Hutchinson GE (1959) Homage to Santa Rosalia of Why are there so many kinds of animals? *The American Naturalist* 93:145-159
- Kotov AA, Garfias-Espejo T, Elías-Gutiérrez M (2004) Separation of two Neotropical species: *Macrothrix superaculeata* (Smirnov, 1982) versus *M. elegans* Sars, 1901 (Macrothricidae, Anomopoda, Cladocera). *Hydrobiologia* 517:61-88
- Kotov AA (2006) Adaptations of Anomopoda Crustaceans (Cladocera) to the Benthic Mode of Life. *Entomological Review* 86:210-225
- Kotov AA, Štifter P (2006) Cladocera: Family Ilyocryptidae (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda). Backhuys Publisher/Kenobi Productions, Leiden and Ghent
- Kuczynska-Kippen N (2009) The impact of differentiated habitat on crustacean community structure in macrophyte-dominated lakes in the Wielkopolska region, Poland. *Proceedings Document Conference Wuham*
- Laurindsen TL, Pedersen LJ, Jeppesen E, Søndengaard M (1996) The importance of macrophytes bed size for cladoceran composition and horizontal migration in shallow a lake. *Journal of Plankton Research*, 18:2283-2294
- Legendre P, Legendre L (1998) *Numerical Ecology*, ELSEVIER, Amsterdam

- Lima AF, Lansac-Tôha FA, Velho LFM, Bini LM, Takeda AM (2003) Composition and abundance of Cladocera (Crustacea) assemblages associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth stands in the Upper Paraná River floodplain. *Acta Scientiarum* 25:41-48
- Lucena-Moya P, Duggan IC (2011) Macrophyte architecture affects the abundance and diversity of littoral microfauna. *Aquatic Ecology* 45:279-287
- Matsumura-Tundisi T, Tundisi JG (2005) Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). *Hydrobiologia* 542:367-378
- McAbendroth L, Ramsay PM, Foggo A, Rundle SD, Bilton DT (2005) Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? *Oikos* 111:279-290
- Meneghin MFS, Ramos MLG, Oliveira SA, Ribeiro-Júnior WQ, Amabile RF (2008) Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o trigo em latossolo vermelho do Distrito Federal. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 32:1941-1948
- Momo FR, Casset MA, Gantes P, Torremorel AM, Perelli RM (2006) Relationship between micro-invertebrates and macrophytes in a wetland: Laguna Iberá (Corrientes, Argentina). Implications for water quality monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment* 112:271-281
- Moreno MIC, Schiavini I (2001) Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). *Revista Brasileira de Botânica* 24:537-544
- Munhoz CBR, Eugênio CUO, Oliveira RC, Vereda: Guia de Campo. Rede de Sementes do Cerrado, Brasília, Brasil

- Nogueira MG, George DG, Jorcín A (2003) Estudo do zooplâncton em zonas litorâneas lacustres: Um enfoque metodológico. In: Henry R (org) Ecótonos na interface dos ecossistemas aquáticos. Rima, São Carlos, Brasil, p 83-128
- Padial AA, Thomaz SM, Agostinho AA (2009) Effects of structural heterogeneity provided by the floating macrophyte *Eichhornia azurea* on the predation efficiency and habitat use of the small Neotropical fish *Moenkhausia sanctaefilomenae*. *Hydrobiologia* 624:161-170
- Padovesi-Fonseca C (2005) Caracterização dos ecossistemas aquáticos do cerrado. In: Scariot A, Sousa-Silva JC, Felfili JM (orgs) Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. MMA, Distrito Federal, Brasil, p 422-423
- Pelicice FM, Thomaz SM, Agostinho AA (2008) Simple relationships to predict attributes of fish assemblages in patches of submerged macrophytes. *Neotropical Ichthyology* 64:543-550
- Pott VJ, Pott A (2000) Plantas aquáticas do Pantanal. Embrapa, Brasília, Brasil
- Reatto A, Correia JR, Spera ST, Martins ES (2008) Solos do Bioma Cerrado: Aspectos pedológicos. In Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds) Cerrado, Ecologia e Flora. Embrapa, Brasília, Brasil, p 107-134
- Reid JW (1984) Semiterrestrial meiofauna inhabiting a wet campo in central Brazil, with special reference to the Copepoda (Crustacea). *Hydrobiologia* 118:95-111
- Reid JW (1987) The cyclopoid copepods of a wet campo marsh in central Brazil. *Hydrobiologia* 153:121-138
- Reid JW (1993) The Harpacticoid and cyclopoid copepod fauna in the cerrado region of central Brazil. 1. Species composition, habitats, and zoogeography. *Acta Limnologica Brasiliensia* 6:56-68

- Rennie MD, Jackson LJ (2005) The influence of habitat complexity on littoral invertebrate distributions: patterns differ in shallow prairie lakes with and without fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62:2088-2099
- Ruggiero PGC, Batalha MA, Pivello VR, Meirelles ST (2002) Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 160:1-16
- Sakuma H, Hanazato T (2002) Abundance of Chydoridae associated with plant surfaces, water column and bottom sediments in the macrophyte zone of a lake. *Verhandlungen Internationalen Verein Limnologie* 28:975-979
- Santos-Wisniewski MJ, Rocha O, Güntzel AM, Matsumura-Tundisi T (2002) Cladocera Chydoridae of the high altitude water bodies (Serra da Mantiqueira), in Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 62:681-687
- Scheffer M, Zimmer K, Jepsen E, Søndegaard M, Butler MG, Hanson MA, Declerck S, De Meester L (2006) Small habitat size and isolation can promote species richness: second-order effects on biodiversity in shallow lakes and ponds. *Oikos* 121:227-231
- Simões NR, Sonoda SL (2009) Estrutura da assembléia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em um reservatório do semi-árido Neotropical, Barragem da Pedra, Estado da Bahia, Brasil. *Acta Scientiarum* 31:89-95
- Sinev AY, Elmoor-Loureiro LMA (2010) Three new species of chydorid cladocerans of subfamily Aloninae (Branchipoda: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil. *Zootaxa* 2390:1-25
- Smirnov NN (1992) *The Macrothricidae of the world*. SPB Academic Publishing, Amsterdam
- Smirnov NN (1996) *Cladocera: The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the world*. SPB Academic Publishing, Amsterdam

- Smirnov NN, Santos-Silva EM (1995) Some littoral anomopods (Crustacea) from Central Amazonia. *Hydrobiologia* 315:227-230
- Soares CEA, Elmoor-Loureiro LMA (2011) An updated checklist of Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) from Pernambuco State, Brazil. *Biotaneotropica* 11:1-6
- Sousa FDR, Elmoor-Loureiro LMA (2008) Phytopilous cladocerans (Crustacea, Branchiopoda) of the Parque Nacional das Emas, State of Goiás. *Biotaneotropica* 8:159-166
- Sousa FDR, Elmoor-Loureiro LMA, Souza MBG (2009) A contribution to the fauna of Cladocera (Branchiopoda) from Ceará state, Brazil. *Nauplius* 17:101-105
- Sweetman JN, Smol JP (2006) Patterns in the distribution of cladocerans (Crustacea: Branchiopoda) in lakes across a north–south transect in Alaska, USA. *Hydrobiologia* 553:277-291
- Thomaz SM, Dibble ED, Evangelista LR, Higuti J, Bini LM (2008) Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology* 53:358-367
- Thomaz SM, Cunha ER (2010) Te role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22:218-236
- Tolonen KT, Holopainen IJ, Hämäläinen H, Rahkola-sorsa M, Ylöstalo P, Mikkonen K, KarjaLainen J (2005) Littoral species diversity and biomass: concordance among organismal groups and the effects of environmental variables. *Biodiversity and Conservation* 14:961-980
- Tremel B, Frey (Libby) SE, Yan ND, Somer KM (2000) Habitat specificity of littoral Chydoridae (Crustacea, Branchiopoda, Anomopoda) in Plastic Lake, Ontario, Canada. *Hydrobiologia* 432:195-205

- Trochine C, Modenutti BE, Balseiro EG (2009) Chemical signals and habitat selection by three zooplankters in Andean Patagonian ponds. *Freshwater Biology* 54:480-494
- Van Dame K, Dumont HJ (2010) Cladocera of the Lençóis Maranhenses (NE - Brazil): faunal composition and a reappraisal of Sars' Method. *Brazilian Journal of Biology* 70:755-779
- Van Damme K, Kotov AA, Dumont HJ (2010) A checklist of names in *Alona* Baird 1843(Crustacea: Cladocera: Chydoridae) and their current status: an analysis of the taxonomy of a lump genus. *Zootaxa* 2330:1-63
- Van Damme K, Sinev AY, Dumont HJ (2011) Separation of *Anthalona* gen.n. from *Alona* Baird, 1843 (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda): morphology and evolution of scraping stenothermic alonines. *Zootaxa* 2875:1-64
- Vierira LCG, Bini LM, Velho LFM, Mazão GR (2007) Influence of spatial complexity on the density and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. *Fundamental and Applied Limnology* 170/1:77-85
- W3 Tropicos. User's Guide and application published at: <http://www.mobot.org>
- Waide RB, Willing MR, Steiner CF, Mittelbach G, Gough L, Dodson SI, Juday GP, Parmenter R (1999) The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30:257-300
- Walseng B, Hessen DO, Halvorsen G, Schartau AK (2006) Major contribution from littoral crustaceans to zooplankton species richness in lakes. *Limnology and Oceanography* 51:2600-2606
- Whiteside MC, Harmsworth RV (1967) Species Diversity in Chydoridae (Cladocera) Communities. *Ecology* 48:664-667

Tabela 1 Média, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis limnológicas para áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. HE = L. do Henrique; EX = L. do Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

Variáveis	Áreas úmidas					
	HE (N=10)	LE (N=10)	PM (N=6)	CBI (N=8)	CBII (N=10)	GR (N=8)
Temperatura (°C)	25,50±3,09 12,11%	24,34±1,78 7,30%	24,22±2,95 12,17%	24,81±1,06 4,28%	22,33±3,72 16,68%	27,11±4,42 16,30%
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	4,93±2,05 41,60%	4,78±1,24 25,86%	7,75±2,87 36,89%	5,74±1,58 27,51%	5,07±0,95 18,78%	4,88±2,36 48,48%
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,88±0,75 15,45%	5,51±0,99 17,89%	4,97±0,55 11,13%	4,73±0,82 17,25%	3,73±0,74 19,83%	4,79±0,90 18,73%
pH	5,11±0,21 4,08%	5,50±0,44 7,97%	5,57±0,41 7,52%	5,02±0,11 10,84%	5,39±0,27 5,07%	5,72±0,49 8,58%
Nitrogênio Inorgânico (ug/L)	96,27±48,74 50,63%	91,91±43,94 47,81%	87,15±25,39 29,13%	127,68±47,49 37,20%	174,88±87,18 49,85%	110,71±29,30 26,43%
Nitrogênio Total	178,88±106,72 59,60%	197,40±108,57 54,85%	164,47±119,58 72,66%	123,88±56,73 45,80%	173,35±86,94 50,15%	117,35±32,72 27,88%
Fósforo Solúvel Reativo (ug/L)	1,58±0,95 60,18%	5,53±10,13 183,5%	1,07±0,12 11,35%	4,03±2,58 64,04%	2,96±1,67 56,42%	2,99±1,94 65,06%

(Continuação)

Variáveis	Áreas úmidas					
	HE (N=10)	LE (N=10)	PM (N=6)	CBI (N=8)	CBII (N=10)	GR (N=8)
Fósforo Total (ug/L)	22,97±28,47 123,95%	20,84±0,73 73,18%	-	15,34±11,16 72,77%	38,96±33,75 86,64%	13,74±14,48 108,02%
Turbidez (U.T)	3,96±3,80 95,99%	9,32±17,42 186,91%	3,42±5,09 148,99%	3,5±6,48 184,90%	5,48±12,64 230,66%	2,12±1,48 69,78%
Sólidos Suspensos (mg L ⁻¹)	9,73±12,43 127,79%	2,31±3,19 138,32%	2,97±5,92 199,41%	4,47±4,44 99,20%	3,54±2,95 83,32%	2,57±1,95 75,97%
Sólidos Dissolvidos (mg L ⁻¹)	0,70±0,69 98,97%	3,60±7,33 203,69%	1,22±2,35 193,07%	2,99±2,59 86,82%	7,49±7,65 102,09%	6,06±5,58 96,44%

Tabela 2 Correlação das variáveis limnológicas com os eixos 1 e 2 da análise de componentes principais

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura (°C)	0,03	0,45
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	0,29	-0,37
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-0,59	0,08
pH	0,02	0,47
Nitrogênio inorgânico (ug/L)	0,74	-0,20
Nitrogênio total	0,59	-0,44
Fósforo solúvel reativo (ug/L)	0,57	0,66
Fósforo total (ug/L)	0,53	-0,30
Turbidez (U.T)	0,52	0,30
Sólidos suspensos (mg L^{-1})	0,62	-0,34
Sólidos dissolvidos (mg L^{-1})	0,71	0,52

Tabela 3 Lista de espécies de Cladocera observadas nas áreas úmidas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. HE = L. do Henrique; EX = L. do Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

Taxa	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
SIDIDAE BAIRD, 1850						
<i>Latonopsis australis</i> -group	•				•	•
DAPHNIIDAE STRAUS, 1820						
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886	•				•	
<i>Ceriodaphnia</i> sp1					•	
<i>Ceriodaphnia</i> sp2					•	
ILYOCRYPTIDAE SMIRNOV, 1992						
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882	•	•	•	•	•	•
MACROTHRICIDAE NORMAN & BRADY, 1867						
<i>Macrothrix elegans</i> Sars, 1901						•
<i>Macrothrix paulensis</i> (Sars, 1900)	•	•		•	•	•
<i>Streblocerus pygmaeus</i> Sars, 1901		•			•	•
CHYDORIDAE STEBBING, 1902						
<i>Acroperus tupinamba</i> Sinev & ElmoorLoureiro, 2010			•	•		
<i>Alona dentifera</i> (Sars, 1901)	•				•	
<i>Alona glabra</i> Sars, 1901					•	
<i>Alona iheringula</i> Sars, 1901	•	•	•	•	•	•
<i>Alona intermedia</i> Sars, 1862	•	•			•	•
<i>Alona ossiani</i> Sinev, 1998	•	•	•	•	•	•
<i>Alona setigera</i> Brehm, 1931	•	•	•	•	•	
<i>Alona</i> sp.			•			
<i>Alonella clathratula</i> Sars, 1896	•	•		•	•	•
<i>Alonella dadayi</i> Birge, 1910	•	•		•	•	•
<i>Anthalona verrucosa</i> (Sars, 1901)	•	•		•	•	•
<i>Celsinotum candango</i> Sinev & ElmoorLoureiro, 2010	•	•				
<i>Chydorus dentifer</i> Daday, 1905				•		•
<i>Chydorus eurynotus</i> Sars, 1901	•	•		•	•	•
<i>Chydorus pubescens</i> Sars, 1901	•				•	•

(continuação)

Taxa	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
<i>Disparalona leptorhyncha</i> Smirnov, 1996						•
<i>Dunnhevedia odontoplax</i> Sars, 1901				•		
<i>Ephemeroporus sp.</i>	•	•			•	•
<i>Ephemeroporus barroisi</i> (Richard, 1984)	•	•		•	•	•
<i>Graptoleberis occidentalis</i> Sars, 1901	•	•		•	•	•
<i>Karualona muelleri</i> (Richard, 1897)	•	•				•
<i>Leydigiopsis curvirostris</i> Sars, 1901	•				•	
<i>Notoalona sculpta</i> (Sars, 1901)	•					
Total	21	16	6	14	22	19

Tabela 4 Espécies indicadoras das áreas amostradas no Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa de acordo com Dufrêne-Legendre Indicator Species Analysis (Indval). $p < 0,05$

Área úmida	Espécies	Valor de indicação	p
L. Henrique	<i>Celsinotum candango</i>	39,71 %	0,006
L. Cabocla I	<i>Acroperus tupinamba</i>	29,54 %	0,019
	<i>Chydorus eurynotus</i>	44,83 %	0,001
	<i>Ephemeroporus barroisi</i>	29,91 %	0,021
L. Cabocla II	<i>Ceriodaphnia sp1</i>	40 %	0,007
	<i>Latonopsis australis</i>	32,88 %	0,016
	<i>Streblocerus pygmaeus</i>	70,42 %	0,001
L. Grande	<i>Disparalona leptorhyncha</i>	62,50 %	0,001
	<i>Karualona muelleri</i>	58,15 %	0,002

Tabela 5 Espécies de macrófitas encontradas em áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília e Campo de Instrução de Formosa. HE = L. do Henrique; EX = L. do Exército; PM = Peito de Moça; CBI = L. Cabocla I; CBII = L. Cabocla II; GR = L. Grande

Taxa	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
APIACEAE						
<i>Eryngium ebracteatum</i> Lam.				•		
ASTERACEAE						
<i>Lepidaploa</i> cf. <i>aurea</i> (Mart. ex DC.) H. Rob.				•		
<i>Lepidaploa</i> sp.				•	•	
<i>Mikania officinalis</i> Mart.	•		•			
CHARACEAE						
<i>Nitella</i> sp.				•		
<i>Chara</i> sp.			•			
CORNACEAE						
<i>Ossea</i> sp.	•					
CYPERACEAE						
<i>Cyperus articulatus</i> L.	•	•		•	•	•
<i>Cyperus haspan</i> L.			•	•	•	•
<i>Cyperus</i> sp.				•		
<i>Eleocharis capillaceae</i> Kunth						•
<i>Eleocharis mínima</i> Kunth				•	•	
<i>Lagenocarpus rigidus</i> (Kunth) Ness	•	•	•			
<i>Websteria confervoides</i> (Poir.) S.S. Hooper				•		•
<i>Rhynchospora consangüínea</i> (Kunth) Boeck.	•		•	•		•
<i>Rhynchospora emaciata</i> (Ness) Boeck.						•
<i>Rhynchospora globosa</i> (Kunth) Roem.& Schult	•	•	•		•	•
<i>Rhynchospora robusta</i> (Kunth) Boeckeler			•			
<i>Rhynchospora</i> sp.	•	•	•	•		•
<i>Rhynchospora tenuis</i> Willd. ex Link	•	•	•			•
<i>Scleria hirtella</i> Sw.				•	•	
DROSERACEAE						
<i>Drosera communis</i> (Sundew)				•		

(continuação)

Taxa	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
EURIOCAULACEAE						
<i>Paepalanthus lundii</i> Körn		•		•	•	•
<i>Syngonanthus caulescens</i> (Poir.) Ruhland			•			
<i>Syngonanthus gracilis</i> (Bong.) Ruhland			•			
<i>Syngonanthus helminthorrhizus</i> (Mart. ex Körn.) Ruhland			•			
<i>Syngonanthus</i> sp1			•			
<i>Syngonanthus</i> sp2				•		
<i>Syngonanthus</i> sp3				•		
<i>Syngonanthus</i> sp4		•				
<i>Syngonanthus</i> sp5		•	•	•		
<i>Syngonanthus</i> sp6		•	•			
FABACEAE						
<i>Aeschynomene</i> cf. <i>ciliata</i> Vogel			•			
<i>Aeschynomene sensitiva</i> Sw.			•	•		
GENTIANACEAE						
<i>Irlbachia alata</i> (Aubl.) Maas	•					
<i>Irlbachia pedunculata</i> (Cham. & Schltld.) Maas	•					
<i>Curtia</i> sp.			•	•		
LAMIACEAE						
<i>Hyptis</i> sp.				•	•	
Morfo 1					•	
LENTIBULARIACEAE						
<i>Genlisea repens</i> Benj.			•			
<i>Utricularia erectiflora</i> A. St.-Hil & Girard				•		
<i>Utricularia hispida</i> Lam.	•		•	•	•	
<i>Utricularia myriocista</i> A. St.-Hil & Girard				•		
<i>Utricularia neottioides</i> A. St.-Hil & Girard						•
<i>Utricularia nervosa</i> Weber ex Benj.		•				
LYCOPODIACEAE						
<i>Lycopodiella camporum</i> B. Øllg & P. G. Windisch			•			
<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm.			•			

(continuação)

Taxa	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
<i>Lycopodiella geometra</i> B. Øllg & P. G. Windisch			•			
<i>Lycopodiella</i> sp			•			
LYTHRACEAE						
<i>Cuphea repens</i> Koehne	•	•	•		•	•
MAYACACEAE						
<i>Mayaca sellowiana</i> Kunth						•
<i>Mayaca</i> sp.				•	•	•
MELASTOMATACEAE						
<i>Acisanthera divaricata</i> Cogn.	•	•	•	•		
<i>Desmoscelis villosa</i> (Aubl.) Naud	•					
<i>Lavoisiera bergii</i> Cogn.			•			
<i>Microlicia</i> sp1			•			
<i>Microlicia</i> sp2	•		•			
<i>Mimosa</i> sp.				•		
<i>Rhynchanthera grandiflora</i> (Aubl.) DC.	•		•			•
<i>Trembleya parviflora</i> (Don) Cogn.		•				
MENYANTHACEAE						
<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze					•	
<i>Nymphoides</i> sp.		•				
OCHNACEAE						
<i>Sauvagesia linearifolia</i> A. St. - Hill	•					
<i>Sauvagesia</i> sp1	•					
ONAGRACEAE						
<i>Ludwigia octovalis</i> (Jacq.) P.H. Raven				•		
PLANTAGINACEAE						
<i>Monopera perennis</i> (Hassl.) Barringer				•		
POACEAE						
<i>Andropogon virgatus</i> Desv. ex Ham.				•		•
<i>Arundinella</i> cf. <i>hispida</i> (Humb. & ex Willd) Kuntze				•		
<i>Andropogon</i> sp.			•			
<i>Panicum</i> sp.	•					

(continuação)

Taxa	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
<i>Paspalum</i> sp.			•			
POLYGALACEAE						
<i>Polygala galioides</i> Poir.	•		•			
<i>Polygala tenuis</i> DC.		•				
<i>Polygala</i> sp.	•	•	•			
RUBIACEAE						
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K. Schum				•		
<i>Borreria</i> sp.				•		
STERCULIACEAE						
Morfo 1						•
VERBANACEAE						
<i>Lippia lupulina</i> Cham.			•			
XYRIDACEAE						
<i>Xyris caroliniana</i> Walter	•			•		
<i>Xyris guaranitica</i> Malme	•			•		
<i>Xyris jupicai</i> Rich.			•		•	•
<i>Xyris hymenachne</i> Mart.		•	•			
<i>Xyris laxifolia</i> Mart.	•	•	•	•		
<i>Xyris savanensis</i> Miq.			•			
<i>Xyris</i> sp.	•					
OUTROS						
Indeterminada 1				•		
Indeterminada 2		•			•	
Indeterminada 3			•			
Indeterminada 4				•		
Indeterminada 5				•		
Indeterminada 6				•		•
Indeterminada 7				•		
Indeterminada 8				•		
Indeterminada 9						•
Indeterminada 10				•		

(continuação)

Taxa	HE	EX	PM	CBI	CBII	GR
Indeterminada 11	•					
Indeterminada 12						•
Indeterminada 13				•		
Indeterminada 14					•	
Indeterminada 15				•		
Indeterminada 16						•
Indeterminada 17			•			
Total	26	19	41	44	16	22

CAPÍTULO III

DETERMINANTES DA DIVERSIDADE REGIONAL DE CLADOCERA (CRUSTACEA, BRANCHIOPODA) EM AMBIENTES ÚMIDOS PALUSTRES DE ÁREAS CONSERVADAS DE UM HOTSPOT NEOTROPICAL, O CERRADO DO BRASIL CENTRAL

RESUMO A definição de áreas destinadas à conservação tem sido baseada, especialmente, em levantamentos de ecossistemas terrestres e seus componentes bióticos. Como produto, é gerado déficit de avaliação na biodiversidade destas áreas devido à menor atenção dada a ecossistemas aquáticos. Estudos com este viés são de extrema importância para subsidiar estratégias de conservação por meio do conhecimento de padrões de diversidade de espécies. O objetivo deste estudo foi avaliar a composição e diversidade de espécies de Cladocera em ambientes úmidos palustres de duas áreas preservadas do Cerrado Brasileiro, o Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Campo de Instrução de Formosa (CIF). No total, seis áreas úmidas foram amostradas dentro de um gradiente ambiental. Foram coletadas a fauna de Cladocera, macrófitas e variáveis limnológicas. A composição de fauna foi similar entre o PNB e CIF (ANOSIM, $R = 0,2171$; $p = 0,001$). Contudo, foram observadas espécies exclusivas para ambas as áreas, sendo que estas apresentaram índice de constância $\leq 25\%$. A diversidade α se mostrou maior, em média, no CIF e foi complementar a avaliação da riqueza pela rarefação e por estimadores. A diversidade β foi um pouco maior no PNB quando comparado ao CIF ($F = 10,384$; $p = 0,002$), entretanto, ambas as áreas apresentaram padrão de composição gerado, sobretudo, por *turnover* espacial, e as variações na composição de espécies foram influenciadas, principalmente, por macrófitas aquáticas (CIF: $r = 0,2256$, $p = 0,003$; PNB: $r = 0,2198$, $p = 0,01$) do que a variáveis limnológicas (CIF: $r = 0,2006$, $p = 0,032$; PNB: $r = 0,003$, $p = 0,442$).

PALAVRAS-CHAVE Biodiversidade · conservação · Diversidade α · Diversidade β · variáveis limnológicas · macrófitas

INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é considerado umas das 25 áreas mais ameaçadas no mundo, justamente por apresentar elevada diversidade biológica envolvida em processos históricos que geraram endemismo e, ao mesmo tempo, sofrer com o avanço da ocupação humana (Myers 2000). O cenário atual mostra que menos de 1/3 da área do Cerrado mantêm características naturais e, inevitavelmente, a fauna e a flora estão sendo confinadas nas poucas áreas existentes destinadas a conservação (Brasil-MMA 2002).

Infelizmente, as áreas que protegem fragmentos de Cerrado ainda carecem de levantamentos que possam definir a diversidade ali presente e ajudar na melhoria dos parâmetros e estimativas de conservação (Klink and Machado 2005). Uma dessas carências apontadas por Agostinho et al. (2005) é a pouca relevância da biota aquática para a seleção de unidades de conservação no Brasil, acarretando em sub-estimativas da diversidade; em outras palavras, mesmo as UC's já criadas ainda demandam por estudos. Neste sentido, o entendimento da diversidade de espécies em sistemas aquáticos de áreas protegidas é muito importante para aumentar o nível de conhecimento sobre processo e padrões que a mantêm em ambientes íntegros.

De maneira geral, a diversidade é influenciada por processos determinísticos relacionados a efeitos históricos, capacidade de dispersão e adaptação a diferentes condições ambientais e recurso disponíveis (Condit et al. 2002). Nos ecossistemas límnicos as condições ambientais são representadas por variáveis limnológicas e pela estruturação de habitats. Estes atributos têm sido apontados como principais preditores da diversidade de peixes (Oliveira et al. 2004; Eros et al. 2008), algas (Ferrareze and Nogueira 2006; Fonseca and Bicudo 2011) macrófitas (Thomaz et al. 2003) e invertebrados, incluindo crustáceos (Boix et al. 2008; Rumes et al. 2011). Por isso, há uma necessidade de avaliação integrada para esclarecer melhor a relação entre condições ambientais e diversidade.

A quantificação desta diversidade passa por dois atributos indissociáveis das assembleias ecológicas, a riqueza de espécies e a equitabilidade. Estes dois parâmetros são utilizados para construir diversos índices que reduzem as informações de composição, riqueza e abundância das comunidades em valores únicos, que podem ser comparados localmente (Magurran 2004). A este tipo de informação dá-se o nome de diversidade alfa (α).

Embora alguns problemas, como critérios de escolha e a ausência de valor comparativo com outros conjuntos de dados, sejam relatados ao uso de índices de diversidade (Melo 2008; Cianciaruso et al. 2009), eles são operacionalmente muito utilizados e podem auxiliar na comparação entre unidades locais e subsidiar estratégias de conservação. Segundo Moreno (2001), os índices de diversidade α , necessariamente, precisam ser complementares a atributos das assembleias, como a riqueza de espécies, para que a descrição da diversidade local seja conveniente.

Por outro lado, a diversidade α por si só, não revela como fatores ambientais - exemplificados por condições de habitat, recursos e interações - determinam a ocorrência de espécies em uma região, em alguma área delimitada ou em gradientes ambientais. Essa variabilidade na composição de espécies das assembleias é denominada de diversidade beta (β) e é medida comparativamente em duas diferentes escalas de diversidade, a α e γ (gama: diversidade regional) (Baselga 2010).

A variabilidade na composição de espécies tem um significado especial dentro da ecologia da conservação (Legendre 2008), pois pode sugerir, segundo Legendre et al. (2005), se a composição de espécies dentro de áreas de proteção ou áreas prioritárias a conservação é uniforme ou randômica, além de apontar se a distribuição das espécies dentro da área de interesse é relacionada a fatores ambientais. Intuitivamente, isto implica na determinação da extensão e delineamento de áreas para conservação da fauna e flora.

A quantificação da diversidade e de fatores que a determinam tem um papel preponderante para implementar estratégias de conservação e fornecer subsídios a criação de novas áreas de proteção, sobretudo em ambientes tão pressionados pela ação antrópica como os encontrados no Cerrado brasileiro.

Nosso objetivo aqui foi avaliar a diversidade da fauna de Cladocera em duas áreas que protegem grandes fragmentos de Cerrado no Brasil Central. A composição, riqueza e índices de diversidade α foram comparados entre as duas áreas e a diversidade β foi utilizada para avaliar quais fatores ambientais são os principais determinantes da variabilidade na composição de espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Campo de Instrução de Formosa (CIF) são duas áreas que preservam grandes fragmentos de Cerrado (Fig. 1). O PNB fica localizado no Distrito Federal sendo cercado por muitas regiões urbanas. Esta Unidade de Conservação abriga inúmeras nascentes que formam sistemas lóticos de pequeno e médio porte e também lagoas rasas e ambientes úmidos provenientes do afloramento do lençol freático.

O CIF é uma área sob gerenciamento do Exército brasileiro e fica localizado na unidade federativa de Goiás. Faz limite a leste com o Distrito Federal e, ao sul, com o estado de Minas Gerais. Esta área encontra-se sob elevada pressão antrópica por ser cercada por inúmeras áreas voltadas à agricultura, também sofrendo com o inchaço urbano em suas proximidades. Assim como o PNB, o Campo de Instrução de Formosa abriga diversos tipos de sistemas aquáticos representados principalmente por sistemas lóticos e ambientes úmidos relacionados ao afloramento do lençol freático.

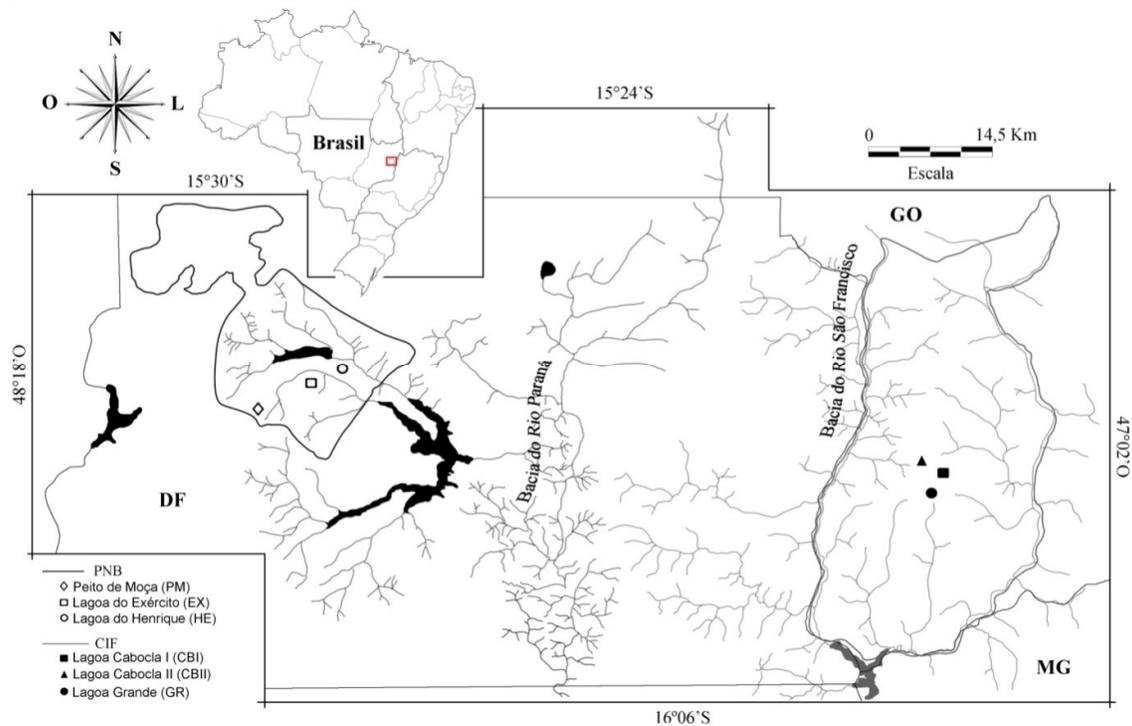


Fig. 1 Localização do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Campo de Instrução de Formosa (CIF), respectivas bacias hidrográficas (Paraná e São Francisco) e áreas úmidas palustres estudadas

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Em cada uma das áreas de proteção ambiental, três áreas úmidas palustres foram amostradas, sendo no PNB a Lagoa do Henrique ($15^{\circ}41'18''S$ $47^{\circ}56'10,0''O$), Lagoa do Exército ($15^{\circ}44'44,3''S$ $47^{\circ}58'49,1''O$) e Peito de Moça ($15^{\circ}45'05,8''S$ $48^{\circ}01'33,2''O$). No CIF as áreas amostradas foram: Lagoa Cabocla I ($15^{\circ}48'16,6''S$ $47^{\circ}14'58,8''O$), Lagoa Cabocla II ($15^{\circ}48'22,6''S$ $47^{\circ}14'10,6''O$) e Lagoa Grande ($15^{\circ}49'37,3''S$ $47^{\circ}13'50,8''O$). Estas áreas úmidas são rasas, relativamente pequenas e possuem inúmeras espécies de macrófitas, que cobrem mais de 80% do espelho d'água.

Em cada área úmida, foi instalado um transecto com início na menor profundidade da lâmina d'água em direção ao centro do corpo d'água. Em cada transecto, foram escolhidos pontos de amostragem definidos a partir de modificação na profundidade, assim como na assembléia de macrófitas. Em cada ponto dos transectos, foi estabelecida uma linha

perpendicular, com até 24m, para coleta de amostras contendo a fauna de Cladocera, e macrófitas (Fig. 2). Nestes pontos também foram mensuradas as variáveis físicas e químicas da água. As espécies de macrófitas e as variáveis físicas e químicas da água para as áreas estudadas no PNB e CIF estão descritas no capítulo II desta dissertação.

A coleta das amostras de Cladocera e macrófitas e dados sobre as variáveis físicas e químicas da água foi realizada em duas campanhas: julho e agosto/2009 estação seca; novembro e dezembro/2009 estação chuvosa.

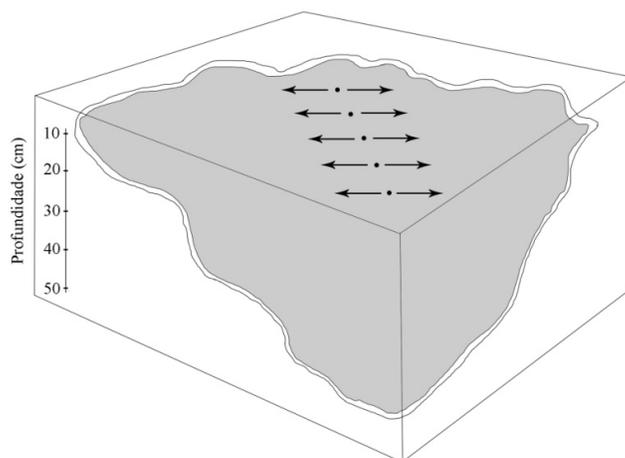


Fig. 2 Diagrama esquemático mostrando a formação dos transectos em cada área de estudo. Os pontos referem-se aos locais onde foram mensuradas as variáveis físicas e químicas da água e as setas a amplitude de onde foram tomadas as amostras da fauna de Cladocera e macrófitas

COLETA, TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE CLADOCERA

As amostras contendo a fauna de Cladocera foram tomadas com auxílio de rede de plâncton com abertura de malha de 80 μ m, arrastada entre a vegetação aquática por um percurso que variou de 20m a 24m, por quatro vezes. As coletas geraram no total 52 amostras, sendo 26 para o PNB e 26 para o CIF. Todas as amostras obtidas foram primeiramente anestesiadas em água gaseificada e, posteriormente, fixadas em álcool, com proporção final de 70%.

Para cada amostra coletada, sub-amostras com volume de 4ml foram analisadas em estereomicroscópio até que o número de 50 indivíduos fossem alcançados. Em seguida, cinco

sub-amostras foram analisadas para verificar a ocorrência de novas espécies. Com adição de novas espécies, novas sub-amostras foram analisadas até que a riqueza estabilizasse.

Todos os indivíduos obtidos foram contados e identificados com suporte de referências taxonômicas (Smirnov 1992, 1996; Elmoor-Loureiro 1997; Kotov et al. 2004; Kotov and Stifter 2006; Sinev and Elmoor-Loureiro 2010; Van Damme et al. 2010, 2011).

ANÁLISES DOS DADOS

A composição da fauna de Cladocera para o PNB e CIF foi avaliada por escalonamento multi-dimensional não métrico (NMDS), utilizando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis e, para minimizar o efeito das espécies mais abundantes, os dados foram previamente transformados por raiz quadrada. O teste de similaridade ANOSIM (com 999 permutações) foi aplicado aos dados para verificação de diferenças em relação à composição de espécies entre as duas áreas de proteção (Clarke 1993). Estas análises foram realizadas no software R (R Development Core Team 2011), utilizando os pacotes Vegan e MASS, respectivamente.

A constância de ocorrência das espécies nas duas áreas estudadas foi calculada dividindo-se o número de amostras contendo cada espécie pelo número total de amostras coletadas, sendo os resultados multiplicados por 100. Seguindo os valores de constância de ocorrência, as espécies observadas foram classificadas em constantes (> 50%), acessórias (entre 25% e 50%) e acidentais (< 25%) (Dajoz 1983).

A riqueza foi comparada utilizando curvas de rarefação baseadas em indivíduos (Gotelli and Colwell 2001; Magurran 2004) e também utilizando estimadores não paramétricos, sendo estes Chao 1, ACE e Jackknife 1. As fórmulas, segundo Gotelli and Colwell (2010), estão descritas em anexo. Os *scores* para construção das curvas de rarefação e os valores para os estimadores de espécies foram obtidos no EstimateS 8.2 (Colwell 2009).

Os seguintes índices de diversidade α utilizados foram: Shannon (H), com dados de abundância previamente transformados em logaritmo neperiano, Simpson (1-D), equitabilidade de Pielou (J) e índice de distinção taxonômica (Δ^*). Este último índice baseia-se em informações taxonômicas contidas dentro das assembléias (hierarquia Lineana) e pode ser gerado a partir de dados de incidência ou abundância (Clarke and Warwick 1998). Aqui, os dados de abundância foram utilizados e os níveis hierárquicos usados para a análise foram espécies, gêneros, famílias, Ordem e Super-Ordem.

Todos os índices foram calculados no software PAST (Hammer et al. 2001) e as fórmulas utilizadas para o cálculo desses índices podem ser encontradas em anexo. O teste t foi utilizado para verificar as possíveis diferenças nos valores dos índices de diversidade entre o PNB e o CIF.

Para mensurar a variabilidade na composição de espécies no PNB e CIF, foram realizadas duas análises de diversidade β , ambas conduzidas no software R (R Development Core Team 2011). A função *betadisper* disponibilizada no pacote Vegan foi utilizada para verificar a homogeneidade das dispersões observadas em relação à composição de espécies. Em seguida, um teste de permutação (999 randomizações) foi conduzido para avaliar se havia diferenças significativas entre as áreas em relação à dissimilaridade (Anderson et al. 2006).

A outra análise utilizada foi a diversidade β sugerida por Baselga (2010) para análise de múltiplas amostras, que gera partição aditiva da diversidade β total (β_{sor}) em dois componentes capazes de apontar qual fenômeno ocorre dentro das assembléias estudadas: a perda de espécie (β_{nes}) conhecida como aninhamento, ou a substituição de espécies (β_{sim}) denominada por Baselga et al. (2007) como *turnover spacial*. O *script* para a realização desta análise encontra-se nos arquivos suplementares indicados em Baselga (2010).

Ainda, um teste de Mantel com 999 randomizações foi empregado, separadamente para cada área de proteção, com o intuito de identificar quais fatores seriam responsáveis pela

dissimilaridade nas áreas estudadas. A matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis (= Sorensen para dados de incidência) foi utilizada para a fauna de Cladocera e então submetida ao teste juntamente com as matrizes contendo os dados das variáveis limnológicas, utilizando distância Euclidiana, e macrófitas aquáticas, utilizando Bray-Curtis (= Sorensen para dados de incidência).

RESULTADOS

Como resultado da amostragem no Parque Nacional de Brasília e no Campo de Instrução de Formosa, foi observado a ocorrência de 31 espécies de Cladocera, sendo a família Chydoridae mais especiosa (23 spp), seguida das famílias Macrothricidae (3 spp), Daphniidae (3 spp), Ilyocryptidae e Sididae com uma espécie cada (Tabela 1).

Segundo a análise de escalonamento multi-dimensional não métrico (NMDS), ocorreu sobreposição de fauna entre o PNB e o CIF (Fig. 3), sendo este resultado corroborado pela ANOSIM que apontou pouco menos de 80% de sobreposição na composição de espécies ($R = 0,2171$; $p = 0,001$).

Na Tabela 1, é possível perceber que a fauna das áreas avaliadas é composta por muitas espécies acessórias e acidentais, com pouca contribuição de espécies constantes. No PNB, apenas três espécies puderam ser classificadas como constantes, enquanto que o CIF apresentou oito espécies com constância de ocorrência maior do que 50%.

O número de espécies ocorrendo no PNB e CIF foi de 24 e 28, respectivamente. As curvas de rarefações plotadas em função do número de indivíduos apontaram riqueza maior no CIF quando comparado ao PNB (Fig. 4), sendo esta diferença não significativa. A riqueza estimada também apresentou os mesmos resultados, onde os valores obtidos sempre foram maiores no CIF quando comparados com PNB e extrapolação em relação à riqueza observada

não ultrapassou mais do que 30% para ambas as áreas amostradas, independente do estimador utilizado (Tabela 2).

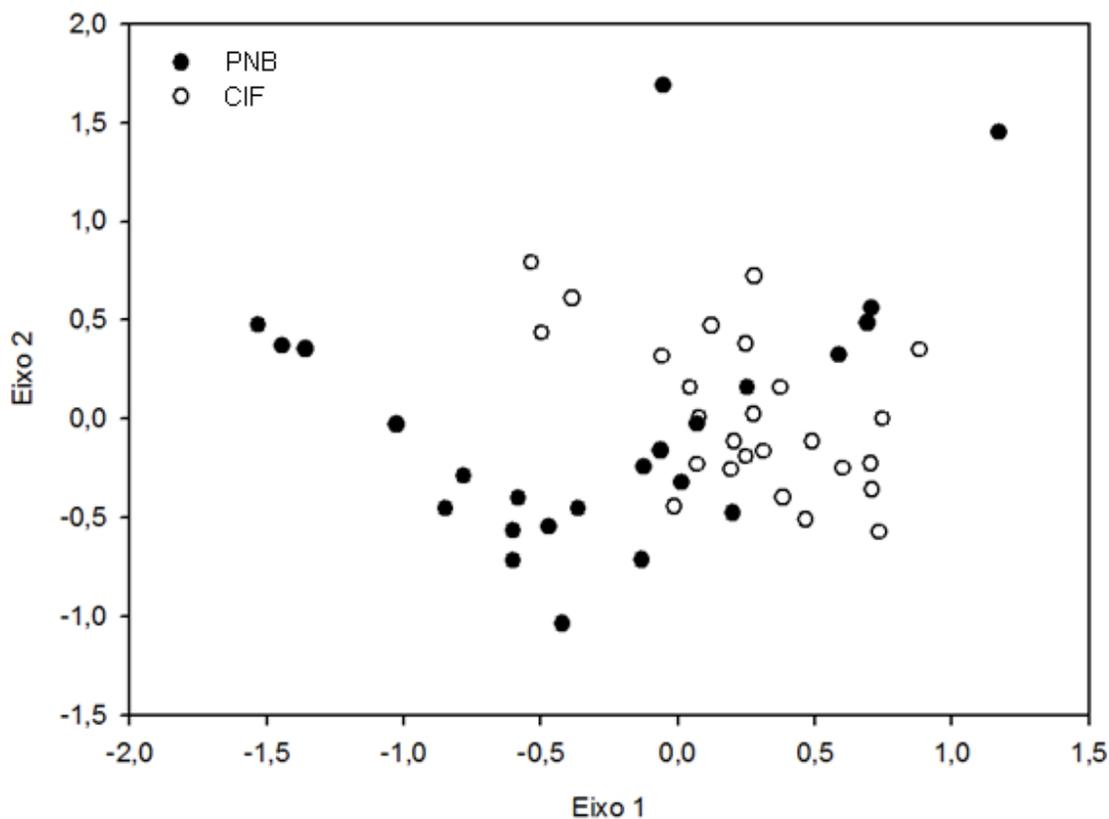


Fig. 3 Escalonamento multidimensional não-métrico em função da distribuição de espécies nas áreas úmidas do Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF). *Stress* 0,1

Do mesmo modo que a riqueza de espécies, os índices de diversidade α utilizados para caracterizar as áreas estudadas apresentaram-se, em média, mais elevados em CIF quando comparados ao PNB (Fig. 5). A comparação entre as médias para os mesmo índices apontaram, segundo o teste *t*, que estas diferenças foram estatisticamente significativas.

Diferentemente dos índices de diversidade α , a dissimilaridade de espécies apresentou-se mais elevada no PNB do que em CIF de acordo com os dois métodos utilizados para medir a diversidade β . A função *betadisper* resultou num padrão de composição de fauna como a mostrada na NMDS, onde parece existir sobreposição entre as áreas (Fig. 6b). Apesar disto, a dissimilaridade de fauna dentro do PNB e do CIF foi observada e, quando as duas áreas foram

comparadas, os resultados estatísticos mostraram diferenças significativas entre elas ($F = 10,384; p = 0,002$) (Fig. 6b).

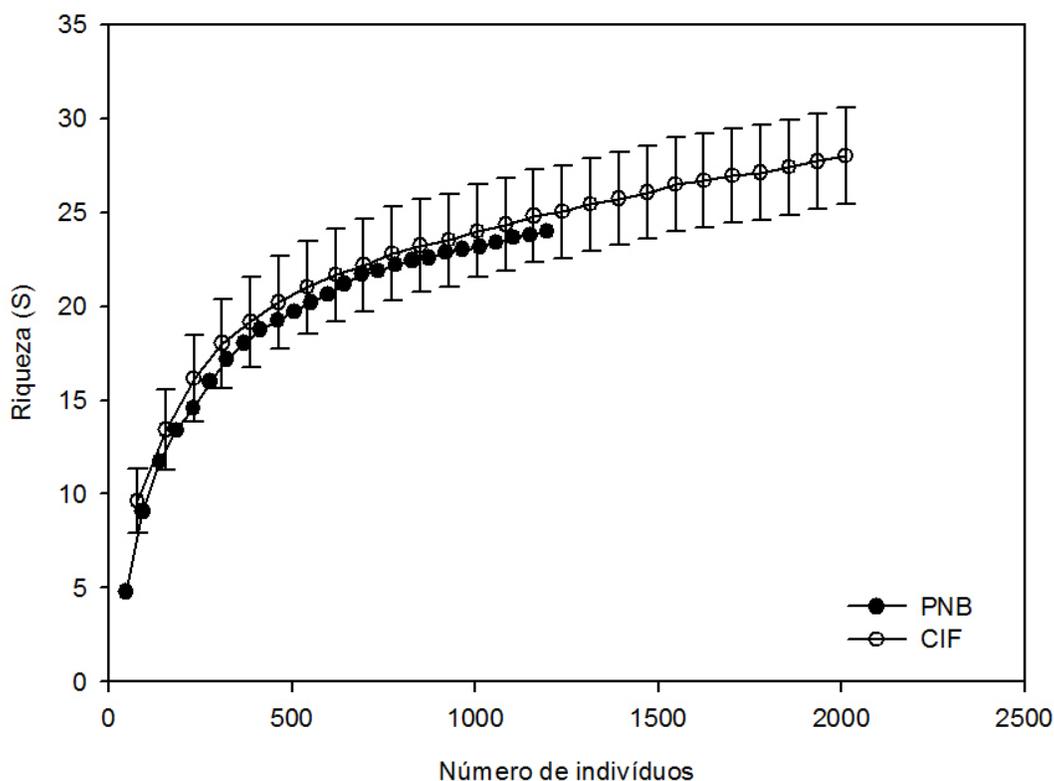


Fig. 4 Análise de rarefação comparando a riqueza entre o Parque Nacional de Brasília (PNB) e o Campo de Instrução de Formosa (CIF)

Para análise de múltiplas amostras sugerida por Baselga (2010), a diversidade β total apresentou-se elevada e foi também maior no PNB ($\beta_{sor} = 0,89$) que no CIF ($\beta_{sor} = 0,86$). A partição da diversidade mostrou que a diversidade β é quase completamente causada pela substituição de espécies no PNB ($\beta_{sim} = 0,75$), com pouca contribuição do aninhamento ($\beta_{nes} = 0,13$).

No CIF, o mesmo padrão descrito acima foi observado, contudo, a contribuição da partição relacionada à substituição de espécies foi um pouco maior ($\beta_{sim} = 0,78$) quando comparado ao PNB, sendo o padrão de aninhamento pouco relevante para a diversidade β nesta área ($\beta_{nes} = 0,074$).

O teste de Mantel apontou que, no PNB, as macrófitas apresentaram influência significativa sobre a dissimilaridade de Cladocera, enquanto que a correlação com variáveis limnológicas foi muito baixa e não significativa (Fig 7). No CIF, a dissimilaridade da assembléia de Cladocera foi influenciada significativamente por ambos os fatores estudados, sendo a contribuição de macrófitas mais elevada do que as variáveis limnológicas (Fig 7).

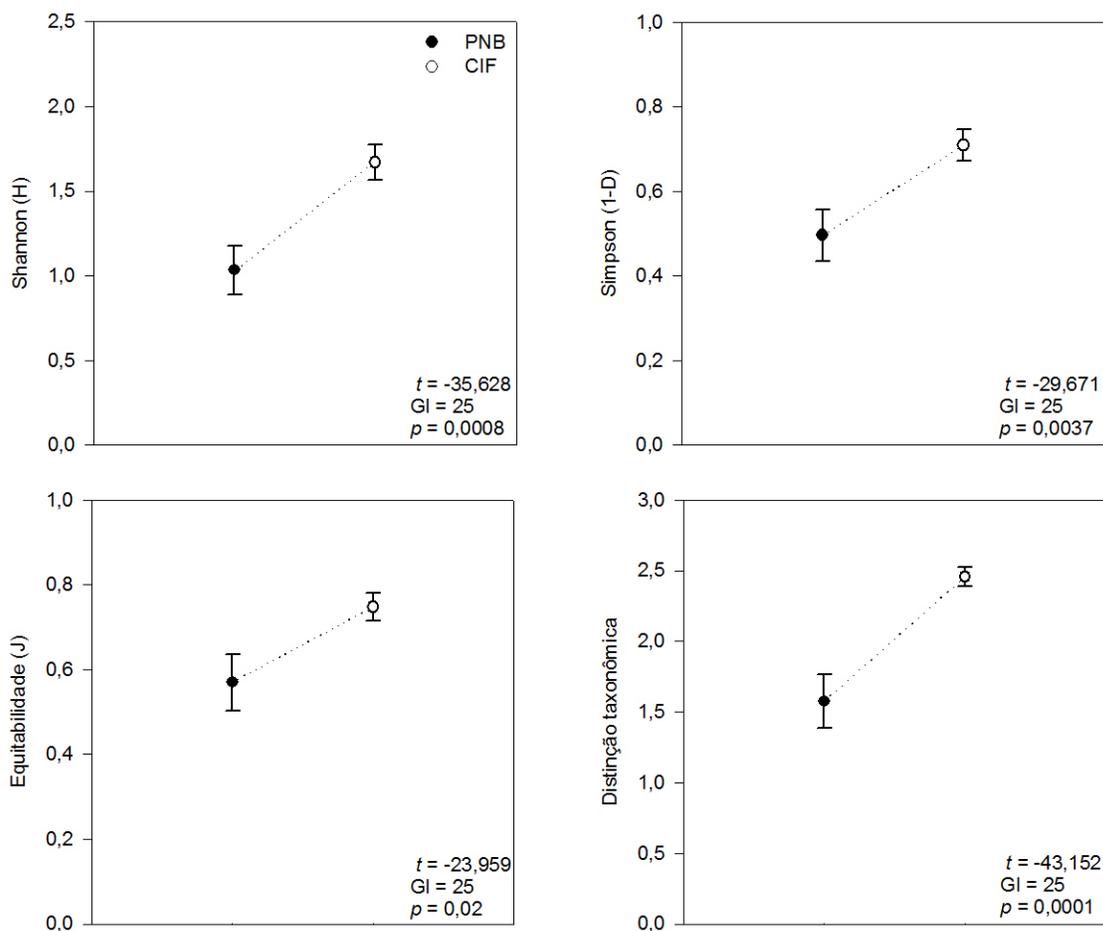


Fig. 5 Média e erro padrão dos índices de diversidade α calculados para caracterizar a fauna de Cladocera no Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF). a) Índice de diversidade de Shannon (nats/ind); b) Índice de equitabilidade de Pielou; c) Índice de diversidade de Simpson; d) Índice de distinção taxonômica

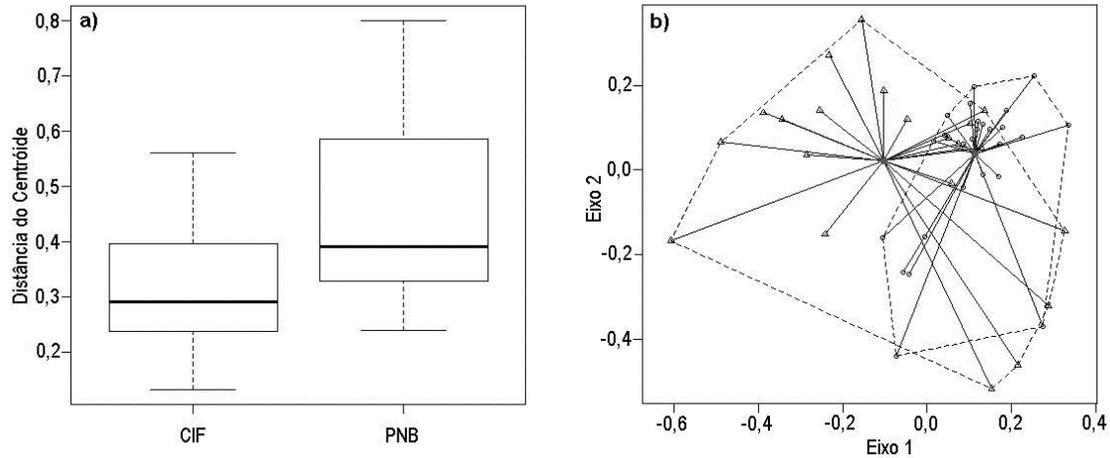


Fig. 6 a) *Boxplot*, e b) análises de coordenadas principais da distância do centróide resultantes da função *betadisper* para o Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF). Círculos correspondem ao PNB, e triângulos ao CIF

DISCUSSÃO

Embora o PNB e o CIF estejam inseridos em bacias hidrográficas distintas, as unidades amostrais investigadas possuem características muito similares em relação às variáveis abióticas, com águas levemente ácidas, baixos teores de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica em níveis baixos, assim como baixas concentrações de nutrientes. De acordo com Vanschoenwinkel et al. (2007), ambientes similares em condições mantêm a composição de espécies de invertebrados aquáticos também similares, como observado nos resultados da NMDS (Fig. 3) e da função *betadisper* (Fig. 6b).

Apesar disto, a diferença significativa apontada pela ANOSIM pode ter sido efeito das espécies exclusivas. Por exemplo, *Alona* sp., *Celsinotum candango* e *Notoalona sculpta* foram táxons exclusivos do PNB, enquanto que *Ceriodaphnia* sp1, *Ceriodaphnia* sp2, *Macrothrix elegans*, *Alona glabra*, *Chydorus dentifer*, *Disparalona leptorhyncha* e *Dunhevedia odontoplax* foram exclusivas do CIF. Todas as espécies citadas como exclusivas

possuíram constância de ocorrência $\leq 25\%$, podendo ser consideradas mais raras no conjunto de dados analisados.

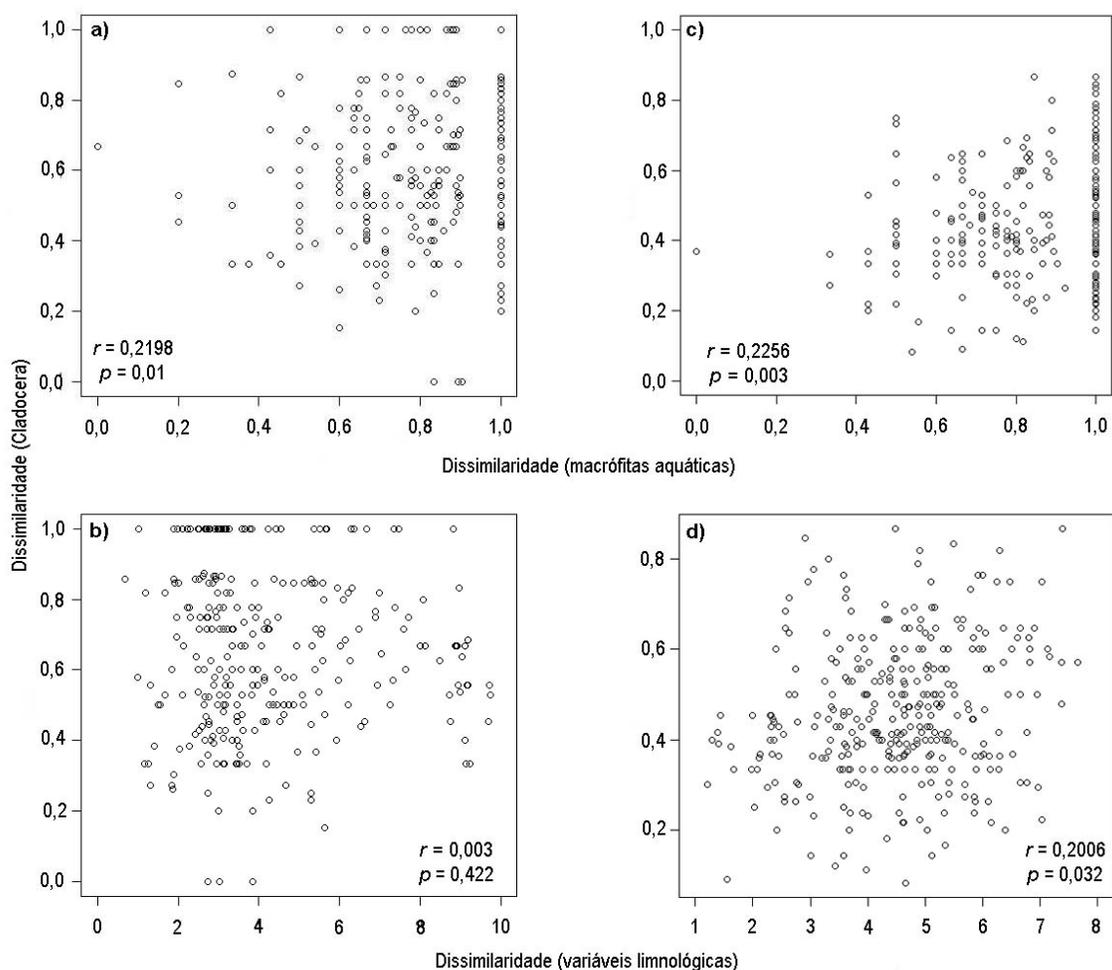


Fig. 7 Dissimilaridade da fauna de Cladocera em função de macrófitas aquáticas e variáveis limnológicas. a-b, Parque Nacional de Brasília; c-d, Campo de Instrução de Formosa

A análise de diversidade α apresentou complementaridade entre os diferentes tipos de índices utilizados e a riqueza de espécies. A análise de rarefação apontou maior riqueza no CIF quando comparado ao PNB, sendo este resultado explicado por um artifício gerado pelo número de indivíduos coletados (Gotelli and Colwell 2001; Magurran 2004; Costa and Melo 2008). Neste caso, o CIF apresentou abundância mais elevada e conseqüente maior riqueza

(Fig. 4 e Tabela 2). Ainda na tabela 2, é possível observar que o número de espécies coletadas na amostragem representa bem a riqueza em ambas as áreas já que pelo menos 70% do número estimado de espécies foram observadas (Heck et al. 1975).

Assim como a rarefação, os resultados para os índices de diversidade também podem ser relacionados à abundância, de modo que, provavelmente, os valores médios mais elevados para o CIF sejam resultado de uma distribuição mais uniforme da abundância entre o conjunto de espécies observadas, ou seja, maior equitabilidade. Em relação aos resultados do índice de distinção taxonômica, o CIF apresentou valores médios deste índice mais elevados provavelmente porque ocorrem dois gêneros exclusivos (*Dunhevedia* e *Disparalona*), além de maior número de espécies exclusivas, aumentando as distâncias entre os níveis taxonômicos utilizados (Clarke and Warwick 1998).

Os padrões de diversidade biológica são consequência de processos históricos e contemporâneos nos ambientes (Legendre 2005; Leprieur 2011). Além disso, a preservação da organização espacial dos ecossistemas e as relações espécies-variáveis ambientais são fatores preponderantes para garantir a dissimilaridade nas assembleias ecológicas e, conseqüentemente, a diversidade biológica (Nabouh et al. 2007).

Estes fatores associam-se com a substituição de espécies no espaço e no tempo (Ricklefs 2008), gerando complexidade e diferenciação de fauna, e diminuindo o aninhamento das assembleias, ou seja, menor formação de subconjuntos caracterizados pela perda de espécies (Baselga et al. 2007; Ulrich et al. 2009; Baselga 2010; Leprieur 2011). Em nossos resultados, o aninhamento foi pouco relevante para as duas áreas estudadas, nos levando a indicar que a dissimilaridade das assembleias de macrófitas aquáticas seriam fatores estruturantes mais importantes para assembleias de Cladocera, podendo ser a provável causa de variabilidade na composição de espécies observada no PNB e CIF.

A literatura científica é bastante conflitante em relação aos mecanismos que predizem a dissimilaridade de espécies pelo motivo de que a variabilidade ambiental é bastante complexa, e muitas vezes, de difícil mensuração (Thomaz et al. 2003). Entretanto, muitos estudos convergem em explicar a variabilidade na composição de espécies por variáveis espaciais (distância geográfica e estrutura de habitats) e por variáveis intrínsecas ao ambiente físico e químico (Schall and Pianka 1978; Baselga 2008; Boix et al. 2008; Thomaz et al. 2009; Caramujo and Boavida 2010; Jimenez-Valverde et al. 2010; Sweetman et al. 2010; Declerck et al. 2011).

Assim, como mostrado por Baselga and Jimenez-Valverde (2007) e Vanschoenwinkel et al. (2007), a dissimilaridade de espécies pode ser influenciada pela combinação de fatores ambientais abióticos e espaciais; contudo, estes fatores podem apresentar diferentes pesos para localidades distintas. Por exemplo, a maior parte da variação na composição de espécies no PNB pôde ser atribuída à dissimilaridade da vegetação aquática, enquanto que no CIF tanto a vegetação quanto os fatores abióticos influenciaram a variação na composição de espécies.

Por este ponto de vista, fica evidente que a combinação de fatores ambientais parece exercer maior influência sobre a diversidade da assembléia de Cladocera. Esta afirmação é suportada na influência de mais de um fator sobre a dissimilaridade de espécies de Cladocera no CIF, que, provavelmente, teve efeito observado na estrutura da assembléia, onde foi encontrada maior riqueza e maiores valores dos índices de diversidade α .

Segundo Shmida and Wilson (1985), um dos principais determinantes para a variabilidade na composição de espécies é a diversidade de habitats. Essa afirmação foi corroborada por nossos resultados, dada a importância das macrófitas aquáticas para a dissimilaridade de espécies de Cladocera tanto para o PNB quanto para o CIF. Muitos estudos têm apontado que vegetação aquática influencia os padrões de diversidade de Cladocera nos

ambientes aquáticos devido à diversificação de habitats (Sakuma and Hanazato 2002; Nogueira et al. 2003; Geraldés and Boavida 2004; Sweetman and Smol 2006; Walseng et al. 2006; Castilho-Noll et al. 2010). Neste sentido, o aumento da dissimilaridade na vegetação implica no aumento da diversidade de habitats e distribuição de nichos ecológicos diferenciados, gerando uma resposta similar para a fauna fitófila, uma vez que a diferenciação de habitats pode levar ao aumento da variabilidade na composição de espécies. Em outras palavras, a variabilidade na composição de espécies de Cladocera acompanha as modificações ambientais geradas pela vegetação aquática, por exemplo, pelo aumento da complexidade espacial, disponibilidade de recurso e diminuição na pressão de predação (Kruk et al. 2009; Florentino and Penha 2011).

Mais recentemente, ecólogos têm chamado atenção para os estudos de ambientes rasos (Colinsson et al. 1995; Sheffer et al 2006; Gledhill et al 2008), como as áreas úmidas estudadas aqui. Alguns estudos têm apontado que este tipo de ambiente abriga considerável porção da biodiversidade aquática em escala de paisagem (*e.g.* Céréghino et al. 2008; Boix et al. 2008), contendo, em sua biota, alto endemismo e elevado número de espécies raras quando comparado, por exemplo, a grandes lagos. Os resultados obtidos por nosso estudo estão de acordo com os pressupostos acima, uma vez que o número de espécies de Cladocera observado foi mais elevado do que em estudos de grandes corpos d'água localizados no Cerrado. Como exemplo disto, Elmoor-Loureiro et al. (2004) registram apenas 14 espécies de Cladocera em uma compilação de estudos a respeito do reservatório do Paranoá, no Distrito Federal. Outro exemplo pode ser observado nos resultados de Starling (2000), que encontrou 17 espécies de Cladocera em corpos d'água também do Distrito Federal, mas, com maior número de ambientes lênticos estudados, quatro reservatórios e duas lagoas.

Diante destes resultados, fica evidente que o estudo de áreas úmidas no Cerrado tem importância para a conservação, dada as proporções nas quais o bioma vem sendo impactado.

As estratégias para criação de áreas prioritárias a conservação da fauna e flora, necessariamente, precisam estar aliadas a levantamentos de biodiversidade também em ambientes aquáticos para assegurar e melhorar as estimativas que conduzem os tomadores de decisão. Nossos resultados mostram alta diversidade de Cladocera sustentada, especialmente, por diferentes arranjos ambientais e, portanto, estas não podem ser negligenciadas em estratégias de conservação.

REFERÊNCIAS

- Agostinho AA, Thomaz SM, Gomes LC (2005) Conservation of the Biodiversity of Brazil's Inlands Waters. *Conservation Biology* 19:646-652
- Anderson MJ, Ellingsen KE, McArdle BH (2006) Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letter* 9:683-693
- Baselga A (2008) Determinants of richness species, endemism and turnover in European longhorns beetles. *Ecography* 31:263-271
- Baselga A (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19:134-143
- Baselga A, Jimenez-Valverde A (2007) Environmental and geographical determinants of beta diversity of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in the Iberian Peninsula. *Ecological Entomology* 32:312-318
- Baselga A, Jimenez-Valverde A, Niccolini G (2007) A multiple-site similarity measure independent of richness. *Biology Letters* 3:642-645
- Boix D, Gascón S, Sala J, Badosa A, Brucet S, López-Flores R, Martinoy M, Gifre J, Quintana XD (2008) Patterns of composition and species richness crustaceans and aquatic insects along environmental gradients in Mediterranean water bodies. *Hydrobiologia* 597:53-69

- Brasil (2002) Biodiversidade Brasileira: Avaliação e identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira, Ministério do Meio Ambiente
- Caramujo MJ, Boavida MJ (2010) Biological diversity of copepods and cladocerans in Mediterranean temporary ponds under periods of contrasting rainfall. *Journal of Limnology* 69:64-75
- Castilho-Noll MSM, Câmara CF, Chicone MF, Shibata EH (2010) Pelagic and littoral cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from reservoirs of the Northwest of São Paulo State, Brazil. *Biotaneotropica* 10:21-30
- Céréghino R, Biggs J, Oertli B, Declerck S (2008) The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia* 597:1-6
- Cianciaruso MV, Silva IA, Batalha MA (2009) Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para ecologia de comunidades. *Biota Neotropica* 9:93-103
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117-143
- Clarke KR, Warwick RM (1998) A taxonomic distinctness index and statistical proprieties. *Journal of Applied Ecology* 35:523-531
- Collinson NH, Biggs J, Corfield A, Hodson MJ, Walker D, Whitfield M, Williams PJ (1995) Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation* 74:125-133
- Colwell RK (2009) EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2 User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>

- Condit R, Pitman N, Jr-Leigh EG, Chave J, Terborgh J, Foster RB, Nunez P, Aguilar S, Valencia R, Villa G, Muller-Landau MHC, Losos E, Hubbel SP (2002) Beta Diversity in tropical Forest tree. *Science* 295: 666-668
- Costa SS, Melo AS (2008) Beta diversity in stream macroinvertebrates assemblages: among-sites and among-microhabitats components. *Hydrobiologia* 598:131-138
- Dajoz R (1983) *Ecologia Geral*. Vozes, 4ed
- Declerck SAJ, Coronel JS, Legendre P, Brendonck L (2011) Scale dependency of processes structuring metacommunities of cladocerans in temporary pools of High-Andes wetlands. *Ecography* 34:296-305
- Elmoor-Loureiro LMA (1997) *Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil*. Universa, Brasília
- Elmoor-Loureiro LMA, Mendonça-Galvão L, Padovesi-Fonseca C (2004) New cladocerans records from lake Paranoá, Central Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 64:415-422
- Eros T, Thóth B, Sevcsik A, Schmera D (2008) Comparison of Fish Assemblage Diversity in Natural and Artificial Rip-Rap Habitats in the Littoral Zone of a Large River (River Danube, Hungary). *International Review of Hydrobiology* 93:88-105
- Ferrareze M, Nogueira MG (2006) Phytoplankton assemblages and limnological characteristics in lotic systems of the Paranapanema Basin (Southeast Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 18:389-405
- Florentino AC, Penha J (2011) High beta diversity of fishes in vegetated littoral zones of floodplain lakes in the Cuiaba Pantanal, Brazil. *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-011-0697-1
- Fonseca BM, Bicudo CEM (2011) Phytoplankton seasonal and vertical variations in a tropical shallow reservoir with abundant macrophytes (Ninféias Pond, Brazil). *Hydrobiologia* 665:229-245

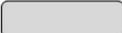
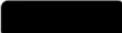
- Geralds AM, Boavida MJ (2004) Do Littoral Macrophytes Influence Crustacean Zooplankton Distribution? *Limnetica* 23:57-64
- Gledhill DG, James P and Davies DH (2008) Pond density as a determinant of aquatic species richness in an urban landscape. *Landscape Ecology* DOI: 10.1007/s10980-008-9292-x
- Gotelli NJ, Colwell RK (2001) Quantifying biodiversity: produceres and pitfalls in the measuring and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4:379-391
- Gotelli NJ, Colwell RK (2010) Estimating species richness. In: Magurran AE, McGill BJ (eds) *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment*. Oxford, United Kingdom, pp 39-54
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4:1-9
- Heck KLJ, van Belle G, Simberloff D (1975) Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* 56:1459-1461
- Jimenez-Valverde A, Baselga A, Melic A, Txasco N (2010) Climate and regional beta-diversity gradients in spiders: dispersal capacity has nothing to say? *Insect Conservation and Diversity* 3:51-60
- Klink CA, Machado RB (2005) A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1:148-155
- Kotov AA, Garfias-Espejo T, Elías-Gutiérrez M (2004) Separation of two Neotropical species: *Macrothrix superaculeata* (Smirnov, 1982) versus *M. elegans* Sars, 1901 (Macrothricidae, Anomopoda, Cladocera). *Hydrobiologia* 517:61-88
- Kotov AA, Štifter P (2006) *Cladocera: Family Ilyocryptidae (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda)*, Backhuys Publisher/Kenobi Productions, Leiden and Ghent
- Kruk C, Rodríguez-Galego L, Meerhoff M, Quintans Frederico, Lacerot G, Mazeo N, Scasso F, Paggi JC, Peeters ETHM, Marten S (2009) Determinants of biodiversity in

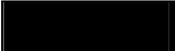
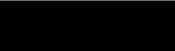
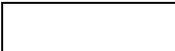
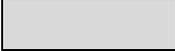
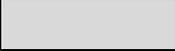
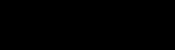
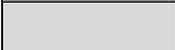
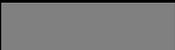
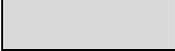
- subtropical shallow lakes (Atlantic coast, Uruguay). *Freshwater Biology* 54:2628-2641
- Legendre P (2008) Studing beta diversity: Ecological variation partitioning by multiple regression and canonical analysis. *Journal of Plant Ecology* 1:3-8
- Legendre P, Bocard D, Perez-Neto PR (2005) Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs* 75:435-450
- Leprieur F, Tedesco PA, Hugueny B, Beauchard H, Durr HH, Brosse S, Oberdorff T (2011) Partitioning global patterns of freshwater fish beta diversity reveals contrasting signatures of past climate changes. *Ecology Letters* 14:325-334
- Magurran AE (2004) *Measuring Biological Diversity*, Blackwell, Oxford
- Melo AS (2008) O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? *Biota Neotropica* 8:021-027
- Moreno CE (2001) *Métodos para medir la biodiversidad, Manuales & Tesis SEA*, Zaragoza
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kents J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priority. *Nature* 403: 853-858
- Nabout JC, Nogueira IS, Oliveira LG, Morais RR (2007) Phytoplankton diversity (alpha, beta, gama) from the Araguaia River Tropical Floodplain lakes (Central Brazil). *Hydrobiology* 557:455-461
- Nogueira MG, George DG, Jorcin A (2003) Estudo do zooplâncton em zonas litorâneas lacustres: Um enfoque metodológico. In: Henry R (org) *Ecótonos na interface dos ecossistemas aquáticos*. Rima, São Carlos, Brasil, p 83-128
- Oliveira EF, Goulart E, Minte-Vera, CV (2004) Fish diversity along spacial gradient in the Itaipu reservoir, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 64:447-458
- R Development Core Team (2006) *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria

- Ricklefs RE (2008) The disintegration of Ecology Community. *The American Naturalist* 172:741-750
- Rumes B, Eggermont H, Verschuren D (2011) Distribution and faunal richness of Cladocera in western Uganda crater lakes. *Hydrobiologia* 676:39-56
- Sakuma H, Hanazato T (2002) Abundance of Chydoridae associated with plant surfaces, water column and bottom sediments in the macrophyte zone of a lake. *Verhandlungen Internationalen Verein Limnologie* 28:975-979
- Schall JJ, Pianka ER (1978) Geographical trends in numbers of species. *Science* 201:679-686
- Scheffer M, Zimmer K, Jepsen E, Søndegaard M, Butler MG, Hanson MA, Declerck S, De Meester L (2006) Small habitat size and isolation can promote species richness: second-order effects on biodiversity in shallow lakes and ponds. *Oikos* 121:227-231
- Shmida A, Wilson MV (1985) Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography* 12:1-20
- Sinev AY, Elmoor-Loureiro LMA (2010) Three new species of chydorid cladocerans of subfamily Aloninae (Branchipoda: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil. *Zootaxa* 2390:1-25
- Smirnov NN (1992) *The Macrothricidae of the world*. SPB Academic Publishing, Amsterdam
- Smirnov NN (1996) *Cladocera: The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the world*. SPB Academic Publishing, Amsterdam
- Starling FLRM (2000) Comparative study of the zooplankton composition of six lacustrine ecosystems in Central Brazil during the dry season. *Brazilian Journal of Biology* 60:101-11
- Sweetman JN, Smol JP (2006) Patterns in the distribution of cladocerans (Crustacea: Branchiopoda) in lakes across a north-south transect in Alaska, USA. *Hydrobiologia* 553:277-291

- Swetman JN, Ruhland KM, Smol JP (2010) Environmental and spatial factors influencing the distribution of cladocerans in lakes across the central Canadian Arctic treeline region. *Journal of Limnology* 69:76-87
- Thomaz SM, Souza DC, Bini LM (2003) Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): the influence of limnology and morphometry. *Hydrobiologia* 505:119-128
- Thomaz SM, Carvalho P, Padial AA, Kobayashi JT (2009) Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology* 69:617-625
- Ulrich W, Almeida-Neto M, Gotelli NJ (2009) A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos* 118:3-17
- Van Damme K, Kotov AA, Dumont HJ (2010) A checklist of names in *Alona* Baird 1843 (Crustacea: Cladocera: Chydoridae) and their current status: an analysis of the taxonomy of a lump genus. *Zootaxa* 2330:1-63
- Van Damme K, Sinev AY, Dumont HJ (2011) Separation of *Anthalona* gen.n. from *Alona* Baird, 1843 (Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda): morphology and evolution of scraping stenothermic alonines. *Zootaxa* 2875:1-64
- Vanschoenwinkel B, Vries CD, Seaman M, Brendonck L (2007) The role of metacommunity process in shape invertebrate rock pool communities along a dispersal gradient. *Oikos* 116:1255-1266
- Walseng B, Hessen DO, Halvorsen G, Schartau AK (2006) Major contribution from littoral crustaceans to zooplankton species richness in lakes. *Limnology and Oceanography* 51:2600-2606

Tabela 1 Espécies de Cladocera e índice de constância de ocorrência para o Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF)

Ausentes  Acidentais  Acessórias  Constantes 

Taxa	PNB	CIF
SIDIDAE BAIRD, 1850		
<i>Latonopsis australis</i> -group		
DAPHNIIDAE STRAUS, 1820		
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886		
<i>Ceriodaphnia</i> sp1		
<i>Ceriodaphnia</i> sp2		
ILYOCRYPTIDAE SMIRNOV, 1992		
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882		
MACROTHRICIDAE NORMAN & BRADY, 1867		
<i>Macrothrix elegans</i> Sars, 1901		
<i>Macrothrix paulensis</i> (Sars, 1900)		
<i>Streblocerus pygmaeus</i> Sars, 1901		
CHYDORIDAE STEBBING, 1902		
<i>Acroperus tupinamba</i> Sinev & ElmoorLoureiro, 2010		
<i>Alona dentifera</i> (Sars, 1901)		
<i>Alona glabra</i> Sars, 1901		
<i>Alona setigera</i> Brehm, 1931		
<i>Alona iheringula</i> Sars, 1901		
<i>Alona intermedia</i> Sars, 1862		
<i>Alona ossiani</i> Sinev, 1998		
<i>Alona</i> sp.		
<i>Alonella clathratula</i> Sars, 1896		
<i>Alonella dadayi</i> Birge, 1910		
<i>Anthalona verrucosa</i> (Sars, 1901)		
<i>Celsinotum candango</i> Sinev & ElmoorLoureiro, 2010		
<i>Chydorus dentifer</i> Daday, 1905		
<i>Chydorus eurynotus</i> Sars, 1901		
<i>Chydorus pubescens</i> Sars, 1901		

(continuação)

Taxa	PNB	CIF
<i>Disparalona leptorhyncha</i> Smirnov, 1996		
<i>Dunnhevedia odontoplax</i> Sars, 1901		
<i>Ephemeroporus</i> sp.		
<i>Ephemeroporus barroisi</i> (Richard, 1984)		
<i>Graptoleberis occidentalis</i> Sars, 1901		
<i>Karualona muelleri</i> (Richard, 1897)		
<i>Leydigiopsis curvirostris</i> Sars, 1901		
<i>Notoalona sculpta</i> (Sars, 1901)		

Tabela 2 Riqueza de espécies de Cladocera no Parque Nacional de Brasília (PNB) e Campo de Instrução de Formosa (CIF)

	Riqueza	Abundância	Chao 1	ACE	Jackknife 1
PNB	24	1196	27,21	24,88	28,81
superextrapolação (%)	-	-	11,79	3,53	16,59
CIF	28	2012	32,81	40,19	33,77
superextrapolação (%)	-	-	14,66	30,33	17,08

CONCLUSÕES

Se desconsiderarmos os estudos de grandes áreas úmidas no Brasil, representados pelas planícies de inundação, fica claro que ambientes úmidos como as áreas estudadas nesta dissertação carecem de estudos básicos relacionados, por exemplo, a levantamentos de fauna e flora. Sem este tipo de estudo, nenhuma inferência sobre a relevância ecológica do ponto de vista de processos e biodiversidade é possível de ser realizada.

Nesta dissertação, foi realizado o inventário da fauna de Cladocera em áreas úmidas palustres localizadas em duas áreas de preservação do Cerrado (Parque Nacional de Brasília e o Campo de Instrução de Formosa), por meio de um protocolo de amostragem que buscou contemplar a grande heterogeneidade espacial encontradas nestes ambientes. Utilizando métodos de estimativas de riqueza de espécies, foi possível fazer uma avaliação positiva em relação à riqueza, mostrando que o método de coleta foi satisfatório para acessar a riqueza de espécies para Cladocera. Contudo, ressaltamos que, para algumas áreas os períodos de seca e de chuva realmente são diferentes e, que, para maximizar o número de espécies inventariadas é necessário aumento do esforço amostral, ampliando o número de pontos amostrados ou extensão dos transectos. Embora desenvolvido para avaliação da fauna de Cladocera, o método de amostragem utilizado tem grande potencial para avaliação da riqueza de outros grupos da biota aquática.

As seis áreas úmidas estudadas possuem águas prístinas, com baixas concentrações de nutrientes e baixos níveis de condutividade elétrica, além de apresentarem outras características físicas e químicas similares as descritas na literatura para ambientes íntegros do Cerrado do Brasil Central. As variáveis limnológicas avaliadas não possuem efeito direto sobre a estrutura das assembléias de Cladocera. Por outro lado, a diversificação de habitats parece ser fator estruturante para a fauna de Cladocera em nível local, uma vez que encontramos fortes correlações quando cruzamos os dados de riqueza de macrófitas aquáticas

com os dados de riqueza de espécies de Cladocera, nas seis áreas úmidas estudadas. Estes resultados corroboram inúmeros estudos que indicam que macrófitas aquáticas fornecem diferentes habitats e influenciam o aumento da riqueza de espécies em ambientes aquáticos.

Em um contexto regional, foi observado que, apesar de as duas áreas de proteção avaliadas pertencerem a diferentes bacias hidrográficas, a composição da fauna de Cladocera é muito similar. Independentemente disto, nossos resultados apontam que, dentro destas duas áreas de proteção, existe elevada diversidade de espécies de Cladocera, e que esta diversidade é, principalmente, influenciada pela diferenciação de habitats fornecida, em grande medida, por macrófitas aquáticas. Contudo, as variáveis limnológicas também contribuíram para a diversidade beta.

De acordo com os presentes resultados, as áreas úmidas palustres encontradas no Cerrado do Brasil Central parecem abrigar alta diversidade de espécies. Realizar estimativas da importância destes ambientes em um contexto de conservação ainda é prematuro, dada a ausência de estudos. Entretanto, indicamos que estes ambientes úmidos são importantes para a fauna de Cladocera e para a diversidade específica do Bioma Cerrado, pois, observamos a ocorrência de dois taxa que, conforme dados atualmente disponíveis, são encontrados somente em áreas úmidas: *Celsinotum candango* e *Ephemeroporus* sp, este último é uma nova espécie para o mundo.

As áreas úmidas são ambientes amplamente distribuídos no Cerrado brasileiro e as estratégias que visam à conservação deste bioma necessitam incluir estas áreas no levantamento da fauna e da flora. De maneira geral, os resultados apresentados apontam que as áreas úmidas são ambientes altamente heterogêneos e possuem arranjos ambientais que podem influenciar a diversidade de espécies.

ANEXOS

FÓRMULAS DOS ESTIMADORES NÃO PARAMÉTRICOS DE RIQUEZA DE ESPÉCIES

- Chao 1

$$S_{Chao1} = S_{obs} + \frac{f_1^2}{f_2}$$

onde S_{obs} é o número de espécies na amostra, f_1 o número de espécies observadas representadas por um único indivíduo (*singletons*) e f_2 sendo o número de espécies representado por dois indivíduos.

- Jackknife 1

$$S_{jackk1} = S_{obs} + f_1$$

onde S_{obs} é o número de espécies na amostra e f_1 o número de espécies observadas em uma única amostra.

- ACE

$$S_{ACE} = S_{abund} + \frac{S_{rare}}{C_{ACE}} + \frac{f_1}{C_{ACE}} \gamma_{ACE}^2$$

onde S_{abund} é o número de espécies abundantes (≥ 10 indivíduos), S_{rare} é o número de espécies raras (≤ 10 indivíduos), C_{ACE} é dado por $C_{ACE} = 1 - \frac{f_1}{N_{rare}}$ sendo f_1 o número de *singletons*. O

coeficiente de variação γ_{ACE}^2 é dado pela fórmula $\gamma_{ACE}^2 = \max \left\{ \frac{S_{rare}}{C_{ACE}} \frac{\sum_{k=1}^{10} k(k-1)f_k}{(N_{rare})(N_{rare}-1)} - 1 \right\}$.

DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE ERRO

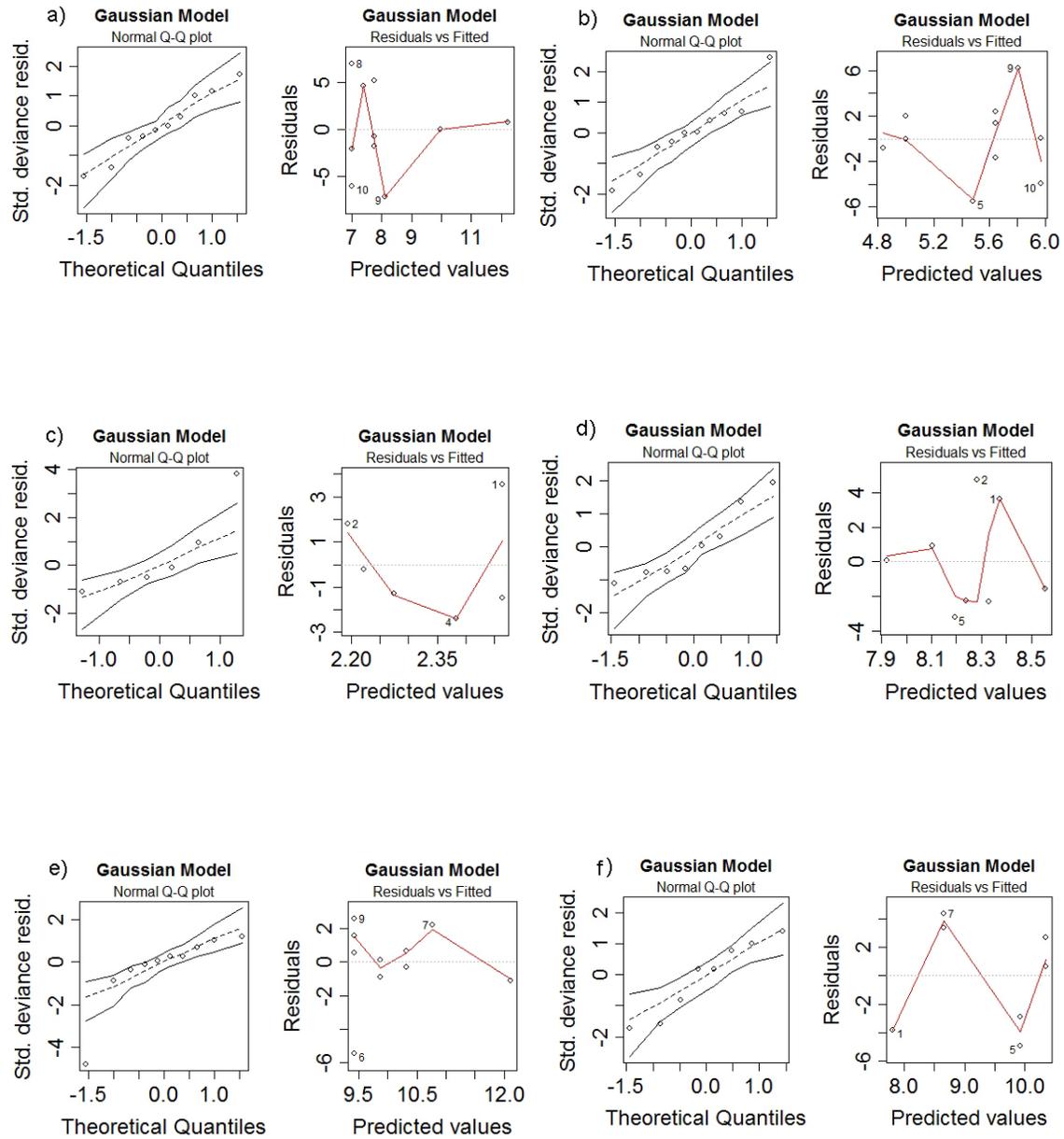


Fig. 1 Análise residual e distribuição normal de erro para os dados de riqueza das assembléias de Cladocera e macrófitas. a) Lagoa do Henrique; b) Lagoa do Exército; c) Peito de Moça; d) Lagoa Cabocla I; e) Lagoa Cabocla II; f) Lagoa Grande

FÓRMULAS DOS ÍNDICES DE DIVERSIDADE

- Diversidade de Shannon (H)

$$H = -\sum (pi) \ln(pi)$$

onde pi é a abundância relativa das espécies encontradas e \ln é o logaritmo neperiano.

- Equitabilidade de Pielou (J)

$$J = \frac{H}{\log_s S}$$

onde H é a diversidade de Shannon e S a riqueza.

- Diversidade de Simpson (1-D)

$$D = 1 - \sum pi^2$$

onde pi é a abundância relativa das espécies encontradas.

- Distinção Taxonômica (Δ^*)

$$\Delta^* = \frac{\sum \sum_{i < j} \omega_{ij} \chi_i \chi_j}{\sum \sum_{i < j} \chi_i \chi_j}$$

onde ω_{ij} é o peso dado ao caminho de ligação entre as espécies i e j em uma árvore taxonômica (Fig. 3), e χ refere-se a abundância das espécies. Note que os pesos são dados da seguinte forma: $\omega_{ij} = 0$ quando i e j são as mesmas espécies, $\omega_{ij} = 1$ quando i e j são dos mesmos gêneros e assim sucessivamente.

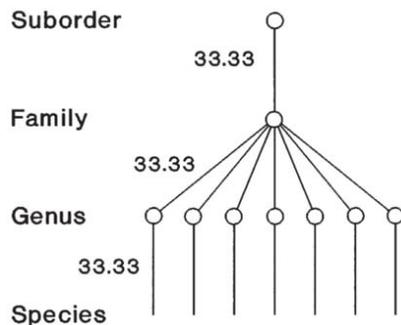


Fig. 2 Exemplo da distinção taxonômica calculada a partir de uma árvore taxonômica com níveis hierárquicos de classificação. O valor de Δ^* é dado pela média do peso dos caminhos de ligações entre todo o conjunto de espécies ou indivíduos da assembléia

FAUNA DE CLADOCERA

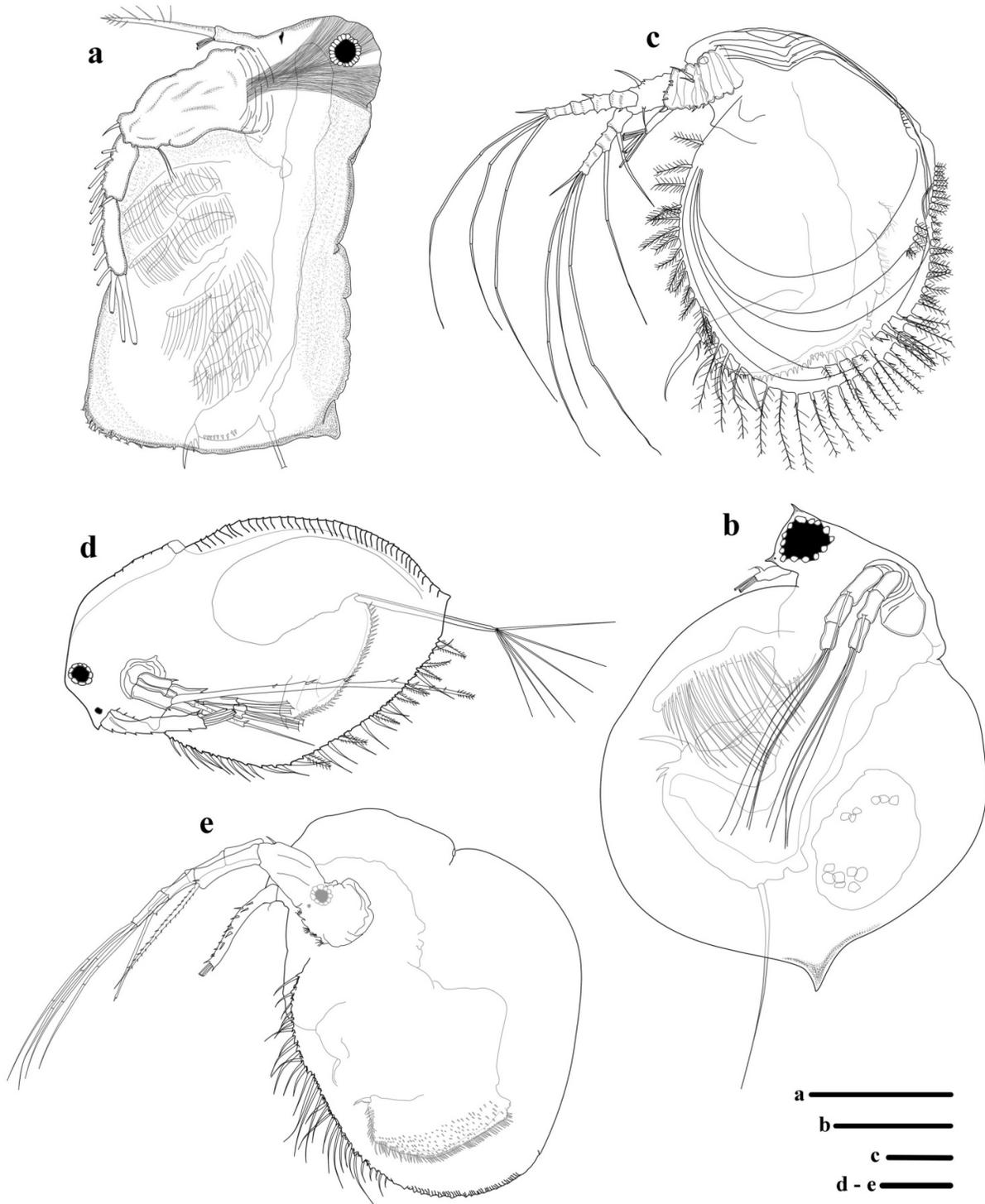


Fig. 3 a) *Latonopsis australis*; b) *Ceriodaphnia cornuta*; c) *Ilyocryptus spinifer*; d) *Macrothrix elegans*; e) *Macrothrix paulensis*. Barras = 100 μ m

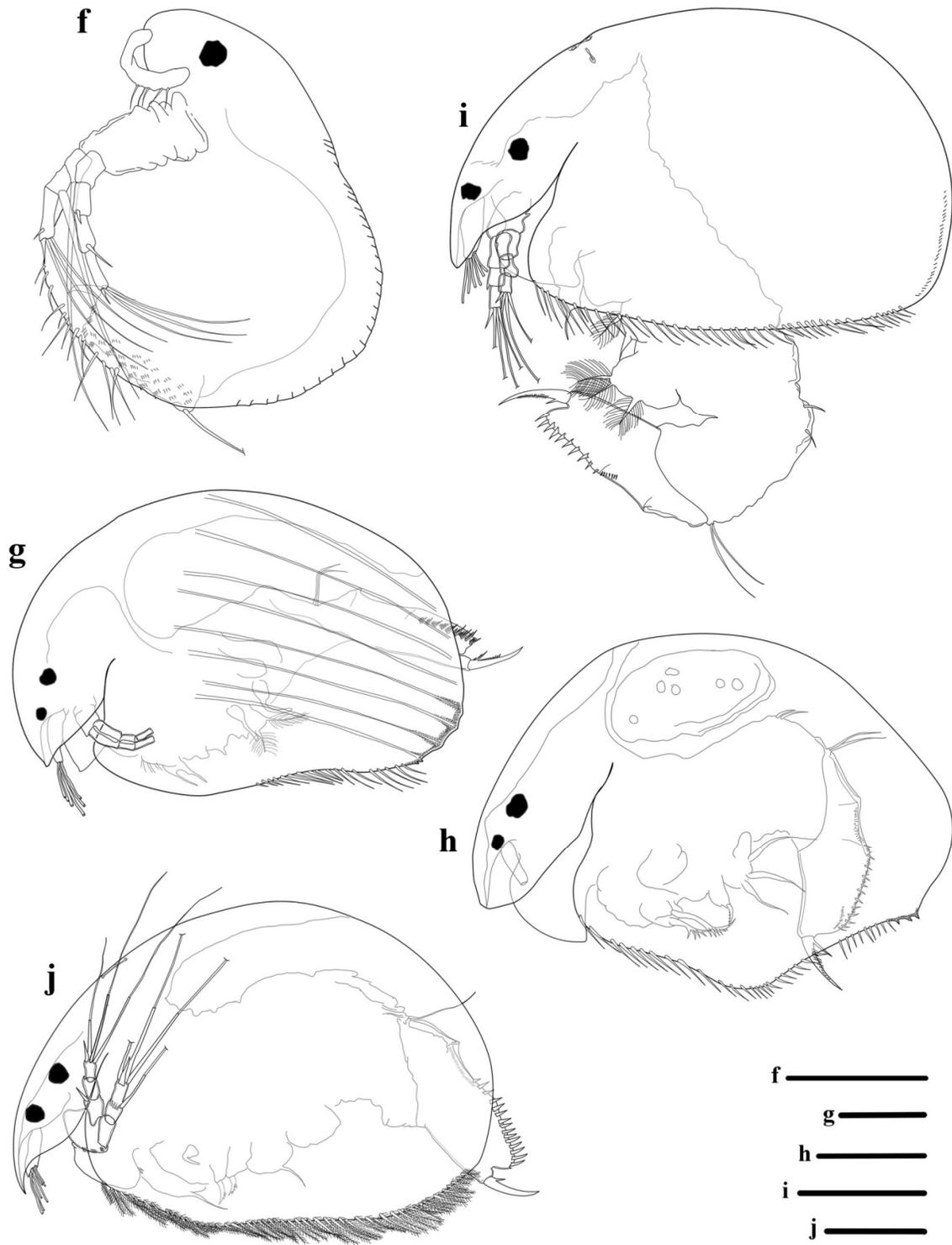


Fig. 3 f) *Streblocerus pygmaeus*; g) *Acroperus tupinamba*; h) *Alona dentifera*; i) *Alona setigera*; j) *Alona iheringula*. Barras = 100µm

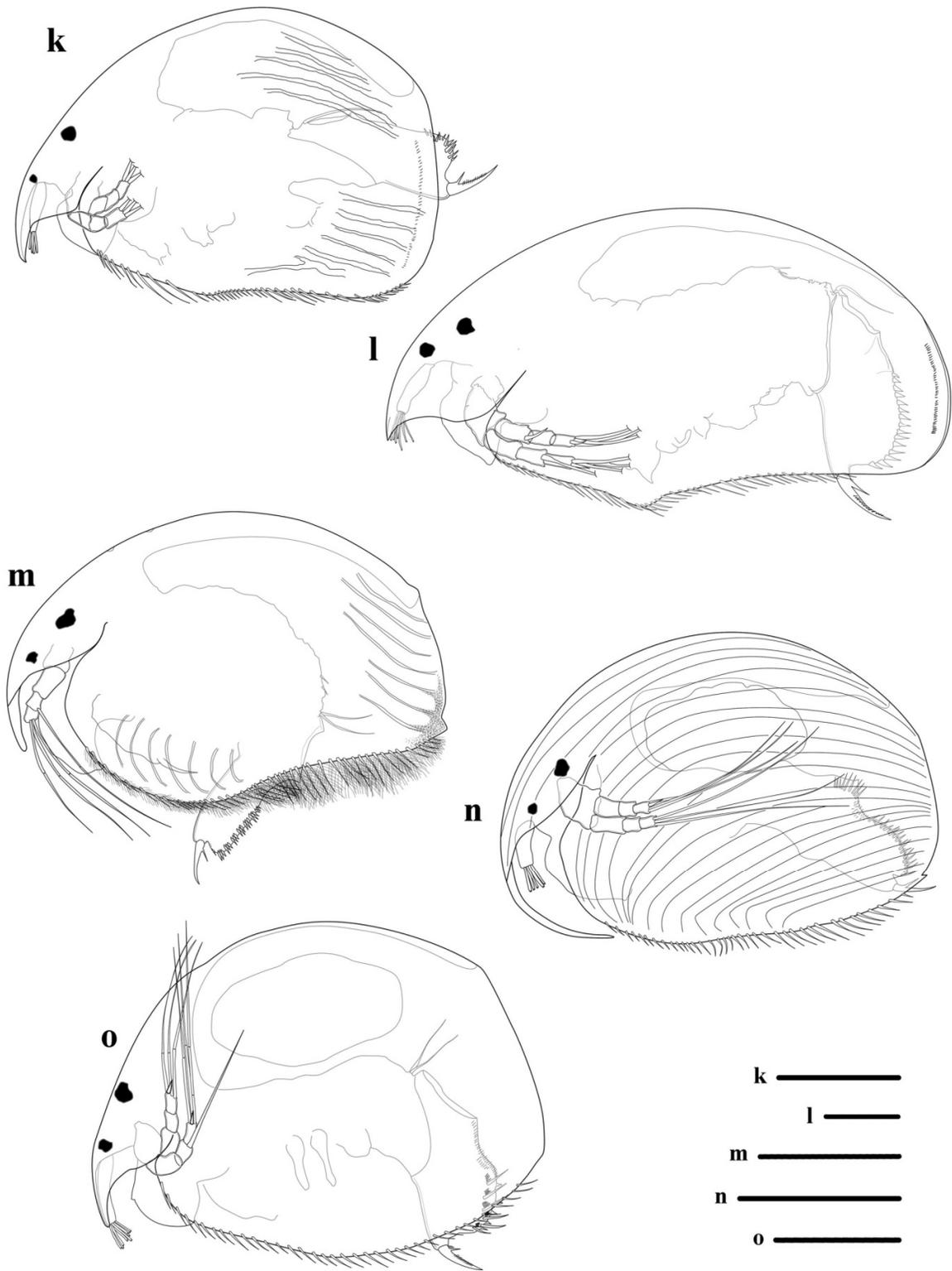


Fig. 3 k) *Alona intermedia*; l) *Alona ossiani*; m) *Alonella clathratula*; n) *Alonella dadayi*;
o) *Anthalona verrucosa*. Barras = 100µm

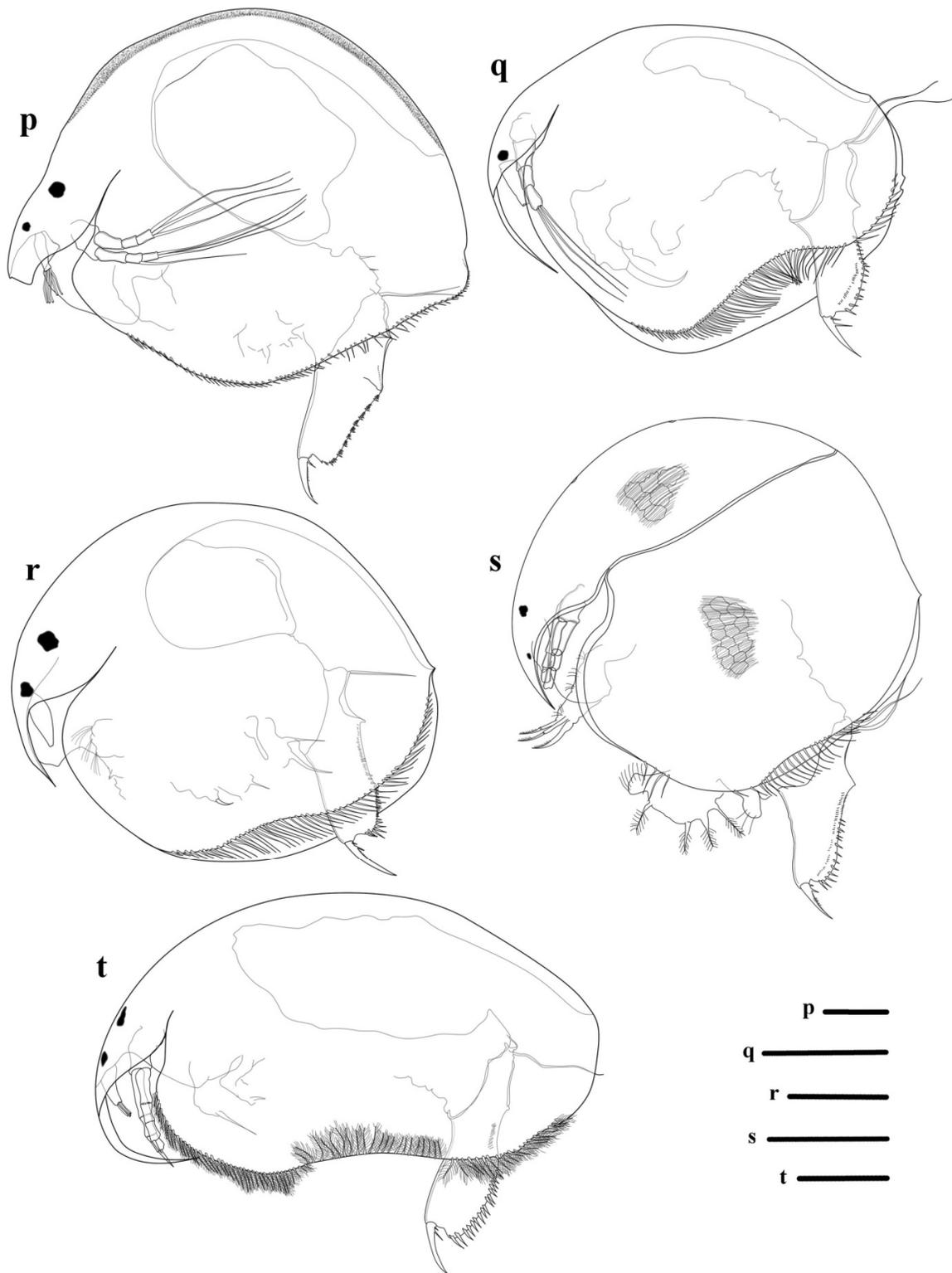


Fig. 3 p) *Celsinotum candango*; q) *Chydorus dentifer*; r) *Chydorus eurynotus*; s) *Chydorus pubescens*; t) *Disparalona leptorhyncha*. Barras = 100 μ m

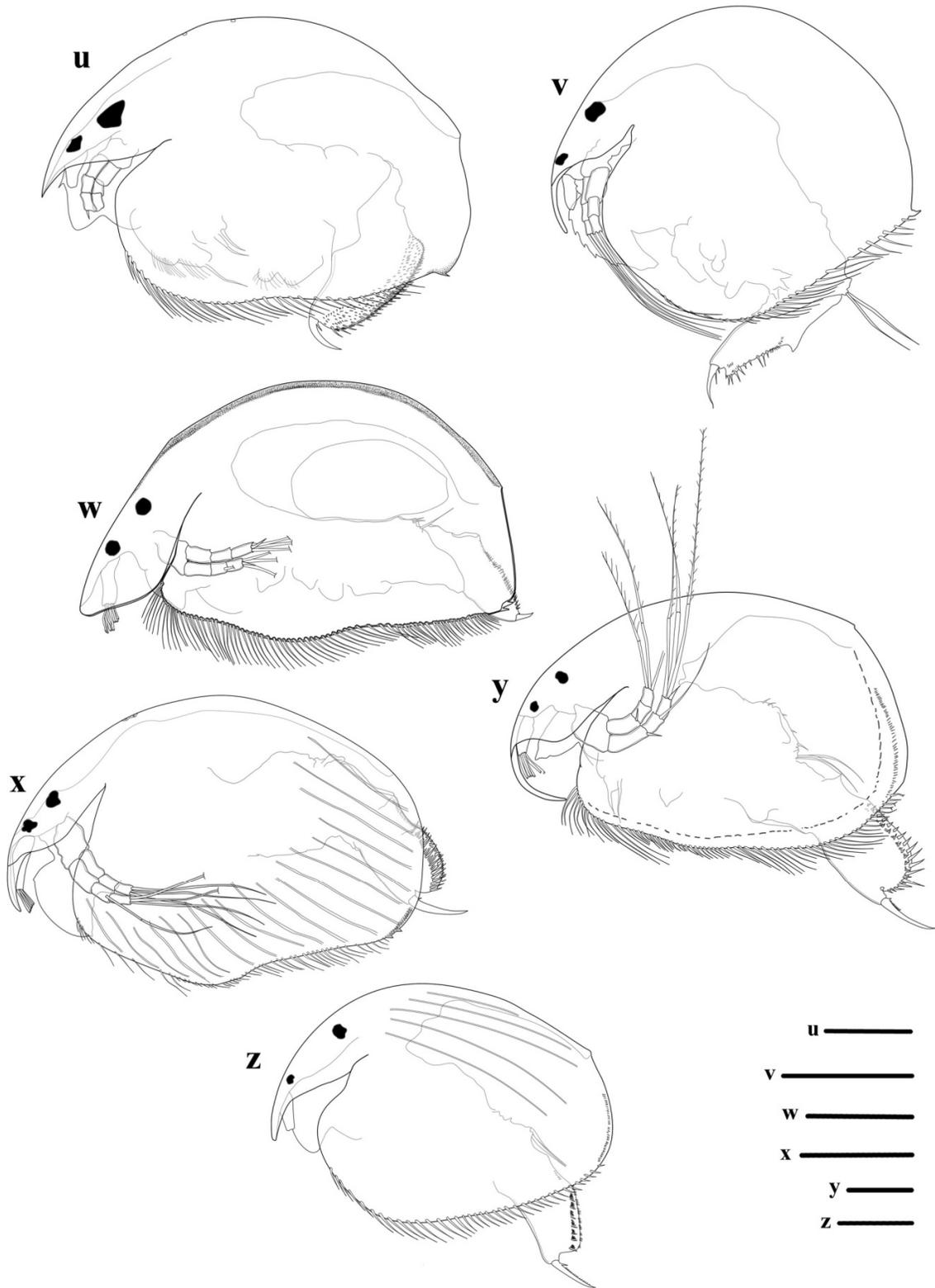


Fig. 3 u) *Dunnhevedia odontoplax*; v) *Ephemeroporus barroisi*; w) *Graptoleberis occidentalis*; x) *Karualona muelleri*; y) *Leydigiopsis curvirostris*; z) *Notoalona sculpta*. Barras = 100µm