



**PPG / UEMA**  
Pró-Reitoria de Pesquisa e  
Pós-Graduação



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG  
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOLOGIA – DQB  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM RECURSOS AQUÁTICOS E PESCA

**GLEISON ANDRADE CAMPOS**

**ECOMORFOLOGIA E CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DA  
COMUNIDADE DE PEIXE EM SISTEMA LACUSTRE  
NO MUNICÍPIO DE VIANA**

SÃO LUÍS/DEZEMBRO  
2016

**GLEISON ANDRADE CAMPOS**

**ECOMORFOLOGIA E CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DA  
COMUNIDADE DE PEIXE EM SISTEMA LACUSTRE NO  
MUNICÍPIO DE VIANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA como parte das exigências para obtenção do título de mestre.

**Área de Concentração:** Recursos  
Pesqueiros.

**Orientador:** Prof. Dr. Nivaldo Magalhães  
Piorski

**Co-Orientador.:** Prof. Dr. Marcio Costa  
Fernandes Vaz dos Santos

SÃO LUÍS  
2016

**ECOMORFOLOGIA E CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DA  
COMUNIDADE DE PEIXE EM SISTEMA LACUSTRE NO MUNICÍPIO DE  
VIANA**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e  
Pesca da Universidade Estadual do  
Maranhão – UEMA como parte das  
exigências para obtenção do título de mestre.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca examinadora

---

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski (Orientador)  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

---

Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)  
1º Examinador

---

Prof. Dr. Audalio Rebelo Torres Junior  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)  
2º Examinador

*DEDICATÓRIA.*

*A minha família, por proporcionar  
momentos de felicidade sempre que os  
encontro.*

## **AGRADECIMENTOS**

Obrigado Deus!

Todas as minhas conquistas, só foram possíveis com fé em Deus. Ele sempre coloca em meu caminho, anjos que me socorrem quando tudo parece perdido.

Obrigado Deus!

Por minha família, que sempre me apoia em minhas escolhas, mesmo diante das dificuldades. Sempre tiveram orgulho de minhas iniciativas, em querer vencer de forma honesta.

Ao meu orientador Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski, pela oportunidade de trabalhar um tema pioneiro e cheio de desafios para o estado do Maranhão.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Marcio Costa Fernandes Vaz dos Santos pelas ideias de inovação nas abordagens científicas.

A banca examinadora pela disponibilidade e paciência em contribuir para melhoria deste trabalho.

A turma PPGRAP 2015. Giulliana, Jonatas, Wagner, Raissa, Cassia, Draytiane e Adriana.

Obrigado Deus!

Colocastes duas pessoas muito especiais em meu caminho, Marcelo Henrique e Ticianne Oliveira Mota Andrade, que sempre estiveram disposto a me ajudar, nos momentos mais difíceis, não só na carreira profissional mais na vida pessoal. Um dia espero retribuir tudo o que fizeram por mim.

A toda equipe que trabalha no PPGRAP, em especial a Hilanna Oliveira pelo carinho, companheirismo e disponibilidade para atender minhas solicitações.

A coordenadora do programa professora Rimunda Fortes por sempre esteve ao meu alcance em todas as vezes que solicitei o seu auxílio e ter sempre um conselho amigo a me dá.

Ao professor Audalio Rebelo Torres Junior por sempre está disposto a me ouvir e fazer colaborações extremamente pertinentes e muito enriquecedoras ao meu trabalho.

Obrigado aos parceiros da UFMA, Antonio Carlos Leal de Castro, James, Victor Lamarão, Veronica, Leonardo e Hellen Roberta.

Aos Pescadores que arriscaram suas vidas para que esse trabalho e tantos outros fossem possíveis, vocês são os verdadeiros heróis, assim como foi meu avô e meu pai. Eu sou apenas um mero aventureiro no mar, tentando entender os seus mistérios.

*“Para o pescador, as belezas do mar soam mais altas do que qualquer perigo, e ele sempre navega em sua embarcação com esperanças e crenças em aventuras melhores.”*

E. Moreira

## RESUMO

A ecomorfologia é uma importante ferramenta para caracterização de comunidades de peixes em diversos ambientes, dentre eles, os lagos que configura um sistema altamente complexo do ponto de vista biótico e abiótico. O objetivo do presente estudo, foi caracterizar a estrutura ecomorfológica e funcional da comunidade de peixes do Lago de Viana e identificar alterações ambientais que possam influenciar indiretamente a comunidade de peixes em dois momentos temporais. Na aquisição de dados o material ictiofaunístico utilizado foi proveniente dos projetos “Sustentabilidade dos lagos da Baixada Maranhense” (CNPq, 1998) e Rede de Pesquisa da Baixada Maranhense (REBAX - FAPEMA, 2012/2015). Em laboratório foram obtidas 20 medidas morfométricas para cada espécime, posteriormente transformadas em 15 atributos ecomorfológicos e calculados os valores médios. Com os valores médios de cada espécie por período de coleta foi feito uma análise de Coordenadas Principais (PCoA), afim de identificar as espécies que apresentavam características ecomorfológicas semelhantes. A análise funcional se deu a partir de uma classificação por espécie através de um quadro de características funcionais por espécie. Para caracterização ambiental, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento afim de realizar a delimitação da microbacia de drenagem. Imagens de satélite Landsat 5 e 7, foram geoprocessadas, afim de se obter as características fisiográficas do entorno da lâmina d’água. Os resultados revelaram que a ecomorfologia da comunidade de peixes do Lago de Viana foi caracterizada pelos atributos relacionados com a intensidade de natação, distribuição vertical na coluna d’água. Já os grupos funcionais foram caracterizados por espécies que atuam no controle das populações de invertebrados e outros peixes, produtividade primária e ciclagem de nutrientes. As características ambientais apresentaram-se com moderada variação onde a área antropizada aumentou e a arbórea diminuiu, tais particularidades foram as mais expressivas. As análises possibilitaram a caracterização da comunidade de espécies nos dois momentos, no entanto são necessários mais descritores ambientais para correlacionar com os padrões ecomorfológicos e funcionais.

Palavras chave: Lago de Viana, ictiofauna, geoprocessamento.

## ABSTRACT

Ecomorphology is an important tool for the characterization of fish communities in several environments, among them the lakes that constitute a highly complex system from the biotic and abiotic point of view. The objective of the present study was to characterize the ecomorphological and functional structure of the Lake Viana fish community and to identify environmental changes that could indirectly influence the fish community at two time points. In the data acquisition, the ichthyofunic material used came from the "Sustainability of the Baixada Maranhense lakes" (CNPq, 1998) and the Baixada Maranhense Research Network (REBAX - FAPEMA, 2012/2015). In the laboratory, 20 morphometric measurements were obtained for each specimen, later transformed into 15 ecomorphological attributes and the mean values were calculated. With the average values of each species per collection period, a Principal Coordinates (PCoA) analysis was done to identify species that presented similar ecomorphological characteristics. The functional analysis was based on a classification by species through a table of functional characteristics by species. For environmental characterization, geoprocessing techniques were used in order to delineate the drainage microbasin. Landsat satellite images 4 - 5 and 8, were geoprocessed, in order to obtain the physiographic characteristics of the surroundings of the water slide. The results revealed that the ecomorphology of the fish community of Lago de Viana was characterized by the attributes related to the intensity of swimming, vertical distribution in the water column. Functional groups were characterized by species that control the invertebrate and other fish populations, primary productivity and nutrient cycling. The environmental characteristics presented with moderate variation where the anthropic area increased and the arboreal decrease, such peculiarities were the most expressive. The analyzes made possible the characterization of the species community in the two moments, however, more environmental descriptors are necessary to correlate with the ecomorphological and functional patterns.

Key words: Viana Lake, ichthyofauna, geoprocessing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localização do Lago de Viana em relação a micro bacia de drenagem.....	16
Figura 2. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) representando os dados de 1998 no plano bidimensional, onde (A) corresponde as espécies e (B) atributos. Agrupamentos representados por 1, 2,3 e 4.....	23
Figura 3. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) representando os dados de 1999 no plano bidimensional, onde (A) corresponde as espécies e (B) atributos. Grupos funcionais representados por 1, 2, 3 e 4.....	24
Figura 4. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) representando os dados de 2014 no plano bidimensional, onde (A) corresponde as espécies e (B) atributos. Grupos funcionais representados por 1, 2 e 3.....	25
Figura 5. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) representando os dados de 2015 no plano bidimensional, onde (A) corresponde as espécies e (B) atributos. Grupos funcionais representados por 1 e 2.....	26
Figura 6. Representação Percentual das características ambientais do entorno do Lago de Viana para o primeiro período temporal analisado (1998-1999).....	27
Figura 7. Representação percentual das características ambientais do entorno do Lago de Viana para o segundo período temporal analisado (2014-2015). ....	28

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Variáveis morfométricas obtidas no lado esquerdo do corpo de cada exemplar capturado.....	17
Tabela 2. Atributos ecomorfológicos e sua característica biológica a serem utilizados para caracterização das assembleias de peixes quanto a diversidade funcional. ....	18
Tabela 3. Critérios para classificação dos grupos funcionais, com base nas características da dieta, hábito alimentar, uso do hábitat, distribuição vertical e tamanho corporal.....	20

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	11
2	Fundamentação Teórica.....	13
3	OBJETIVOS .....	15
3.1	Geral .....	15
3.2	Específicos.....	15
4	METODOLOGIA.....	15
4.1	Área de Estudo.....	15
4.2	Aquisição de Dados Ecomorfológicos .....	16
4.3	Análise de dados ecomorfológicos .....	19
4.4	Caracterização funcional .....	19
4.5	Caracterização Ambiental.....	20
5	RESULTADOS .....	22
5.1	Composição Ecomorfológica .....	22
5.2	Caracterização Funcional .....	26
5.3	Caracterização ambiental.....	27
6	DISCUSSÃO .....	28
7	CONCLUSÃO.....	31
8	REFERÊNCIAS .....	32
8	ANEXOS .....	24

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos signatários da Convenção de Zonas Úmidas de Importância Internacional, assumindo assim a obrigação de conservar e promover o uso sustentável desses importantes ecossistemas. Tendo em vista que os processo de degradação ambiental, parece ter origem na falta de consciência no uso dos recursos disponíveis, evidentemente incompatíveis com a capacidade de regeneração ecossistêmica. (CONVENÇÃO DE RAMSAR, 1993).

Dentro deste contexto se insere a Baixada Maranhense, que configura ambientes altamente complexos, com intensa variação sazonal do ponto de vista biótico e abiótico, tal variação é regida pelo pulso de inundação de seus rios principais, ao passo que essas regiões, tradicionalmente vem servindo como receptáculo de efluentes domésticos, agrícolas e agropecuários. (AFFONSO; QUEIROZ; NOVO, 2015; CAVALCANTE et al., 2000).

Fazendo parte deste cenário o Sistema Lacustre Pindaré-Mearim (SLPM), na qual está situado o lago de Viana, apresenta estrutura e funcionamento peculiares, característicos de ambientes lênticos, com intensa variação dos parâmetros limnológicos em caráter sazonal (CAVALCANTE et al., 2000).

Registros científicos, que buscam avaliar os fatores moduladores da composição e distribuição ictiofaunística do lago de Viana, ainda são escassos. Contudo, a comunidade científica já demonstra grande interesse em desenvolver subsídios para o manejo sustentável da biota ictiológica dessa região, onde estudos pioneiros que investigaram características alimentares e ecomorfológicas, evidenciaram a importância desse tipo de abordagem para o entendimento das transformações ecossistêmicas dessa região (NUNES, 2016; PIORSKI et al., 2005).

Correlacionar variáveis biológicas com indicadores de degradação ambiental, é de suma importância para elucidação dos processos que moldam a comunidade ictiofaunística dos ambientes lacustres. Visto que, em quase sua totalidade os impactos negativos são de origem antrópica, como desmatamento, (CRISTINA; BITTENCOURT; SAMPAIO, 2010).

Para o provimento de uma gestão eficaz, faz-se necessário a elaboração de bancos de dados (bióticos e abióticos), capazes de desenvolver cenários que reflitam o funcionamento dos ambientes lacustres (FRIESE et al., 2010).

O geoprocessamento é um importante instrumento na classificação e monitoramento das variáveis fisiográficas do entorno de corpos hídricos. Onde descritores geoambientais (hidroperíodo, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo) são primordiais para o esclarecimento dos fatores que interferem na distribuição e composição da biota aquática de lagos (BARROSO; GONÇALVES; DA GARCIA, 2014; SHEN et al., 2015).

Índices de diversidade biótica, frequentemente relacionados com indicadores de alterações ambientais, vem apresentando respostas satisfatórias no que diz respeito a caracterização de ambientes aquáticos (marinhos e dulcícolas). Entretanto as medidas de diversidade tradicionais se apresentam fracas quando o objetivo da pesquisa é de identificar padrões da comunidade que expliquem sua dinâmica e distribuição (CIANCIARUSO; SILVA; BATALHA, 2009).

O grupo dos peixes oferece ampla vantagem no que tange o diagnóstico das transformações ecossistêmicas, principalmente por apresentarem mudanças em seu metabolismo e comportamento funcional (SOUZA; BARRELLA, 2009).

A análise da estrutura ecomorfológica e funcional de comunidades de peixes se enquadra como uma das abordagens mais importantes para o entendimento da multifuncionalidade dos ambientes lacustres (MOUILLOT et al., 2011).

Neste sentido, emerge a necessidade de apurar técnicas que proporcionem um prognóstico seguro, sobre comportamento de determinada comunidade ictiofaunística, exposta a mudanças na característica do habitat ao longo do tempo (BARRAGÁN et al., 2011; TERESA; CASATTI, 2012).

Importantes fatores que podem interferir na estrutura e funcionamento da ictiofauna são tratados em trabalhos que avaliam a perda de vegetação do entorno dos corpos hídricos, quantidade de matéria orgânica alóctone e antropização da bacia de drenagem (BISWAS; MALLIK, 2011; POOL et al., 2010; VILLÉGER et al., 2010).

A abordagem de diversidade funcional está imersa em um arcabouço metodológico, capaz de predizer as respostas que as comunidades ictiológica podem apresentar diante das mudanças ecossistêmicas na esfera espacial e temporal (MANNA; REZENDE; MAZZONI, 2013).

Por definição, diversidade funcional se baseia em atributos ecomorfológicos, que estão relacionados às funções desempenhadas pelos indivíduos em seu hábitat, resultante das interações comportamentais (funcionais), como por exemplo a competição e predação (MASON et al., 2005; VILLÉGER et al., 2010).

Desta forma o presente trabalho visa desenvolver indicadores biológicos e correlaciona-los com alterações ambientais, desenvolvendo subsidio para compreensão da composição e funcionamento da comunidade ictiológica do Lago de Viana.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Estudos que levam em consideração particularidades ecomorfológicos tiveram início a partir da necessidade de se compreender como as espécies utilizam suas características fenotípicas, para obtenção dos recursos disponíveis nos ecossistemas. O elemento central dos estudos ecomorfológicos, consistiam em comparar os padrões de variação entre as características morfológicas e ecológicas das espécies (NORTON; LUCZKOVICH; MOTTA, 1995; GATZ, 1979b).

Nas últimas décadas, estudos que utilizam a ecomorfologia como ferramenta para caracterização das comunidades de peixe, vem ganhando destaque em publicações que visam identificar padrões de uso do hábitat e como determinadas características ambientais modulam as comunidades ictiofaunística (LÓPEZ-FERNÁNDEZ et al., 2014; WATSON; BALON, 1984).

No mundo outra abordagem ecomorfológica bastante utilizada para ambientes lóticos, considera a variação da comunidade, como resultante da preferência das espécies por velocidade das correntes, estado de conservação da vegetação e tipo de substrato, onde esses aspectos são investigados ao longo do gradiente longitudinal, por regiões geograficamente distintas e análise temporal (LEAL et al., 2013; LÓPEZ-FERNÁNDEZ et al., 2014).

O padrão das publicações observadas no Brasil segue as identificadas em escala global, tendo em vista, a grande riqueza fluvial que o país apresenta, principalmente de ambientes lóticos. Por outro lado as regiões lacustres também são destaque no cenário local, entretanto, quanto ao número de publicações ainda se tem poucos registros(MANNA; REZENDE; MAZZONI, 2013).

No Maranhão, trabalho pioneiro em ambiente lacustre foi desenvolvido por Piorski (2005), que identificou diferenças entre duas espécies de piranhas, através de caracteres ecomorfológicos, encontrando fatores associados com agilidade natatória, tamanho potencial da presa e posição de natação na coluna d'água.

Uma abordagem relativamente recente, que trata de como a comunidade é influenciada e pode influenciar nos processos ecossistêmicos é a caracterização funcional, baseada em atributos ecomorfológicos, é aplicável em diversas escalas, vários ambientes e grupos taxonômicos (CIANCIARUSO; SILVA; BATALHA, 2009).

Respostas quanto as características funcionais, são promissoras em relação a outras abordagens que procuram entender a dinâmica da comunidade sujeita aos efeitos das alterações ambientais (PETCHEY; GASTON, 2006).

As abordagens funcionais comumente empregadas sobre comunidade de peixes, levam em consideração a variação dos diversos táxons sujeitos aos impactos humanos, degradação de hábitat e extinção de espécies (BORDIGNON et al., 2015; FONSECA; GANADE, 2001; VILLÉGER et al., 2010). Grupos funcionais podem ser incorporados de acordo com os atributos funcionais, que apontam o comportamento das espécies na aquisição de recursos, proteção contra predadores e agilidade natatória.

Os métodos de caracterização funcional, tem como principal particularidade a classificação das espécies em agrupamentos de espécies que realizam funções semelhantes ou de complementaridade (medidas categóricas), outro artifício, trata-se do cálculo dos índices funcionais (medidas contínuas) (VILLÉGER; MASON; MOUILLOT, 2008).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Avaliar a diversidade funcional da comunidade ictiofaunística do lago de Viana – MA e sua interação com alterações ambientais.

#### **3.2 Específicos**

- Caracterizar a estrutura ecomorfológica da comunidade de peixes do lago de Viana;
- Analisar a estrutura funcional da comunidade de peixes em dois momentos temporais no Lago de Viana;
- Identificar possíveis alterações ambientais no entorno do Lago de Viana em dois momentos.

### **4 METODOLOGIA**

#### **4.1 Área de Estudo**

A microrregião da baixada maranhense está localizada de oeste a sudeste da Baía de São Marcos, cobrindo uma área de 1.775.000 ha e apresenta terras baixas e planas, com a predominância de campos naturais inundáveis, matas de galeria, rios perenes e bacias lacustres. Os solos argilosos e pouco consolidados apresentam grande capacidade de retenção de água (IBGE, 2016).

Uma das características mais relevantes dessa região são os lagos, cujo abastecimento se faz por meio do aporte fluvial e pluvial, integrando as bacias hidrográficas dos rios Mearim e Pindaré. Deve ser ressaltado que, embora esses rios sejam perenes, apenas alguns lagos são permanentes, como os da região lacustre de Penalva, Viana, Capivari, Formoso e lago de Cajari (CAVALCANTE et al., 2000).

O lago de Viana está inserido dentro do município de Viana onde localiza-se a 210 km da capital São Luís, estando a uma altitude média de 20 m. Pertence à meso - região norte maranhense e micro - região da baixada maranhense (Figura 1).

Durante a estação chuvosa, quando os rios e lagos perenes extravasam inundando os campos, um grande aporte de material alóctone é transportado para o interior desse extenso lago raso, promovendo aumento da produtividade primária e alimento para inúmeras espécies aquáticas, tal padrão é típico das áreas inundáveis da região amazônica (SILVANO; RAMIRES; ZUANON, 2009).

O lago de Viana apresenta em seu entorno variada configuração fitofisionômica, sustentada principalmente pelo regime pluvial, onde na estação chuvosa as formações vegetais dominam o entorno da lâmina de água.

A microbacia de drenagem é um dos principais caminhos de entrada de material alóctone para o interior do lago, contribuindo para a formação de estruturas físicas, que servem de abrigo para reprodução, zona de alimentação e contra predação, gerando condições para o estabelecimento de grande variedade de espécies ícticas, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo (PETRY; AGOSTINHO; GOMES, 2003).

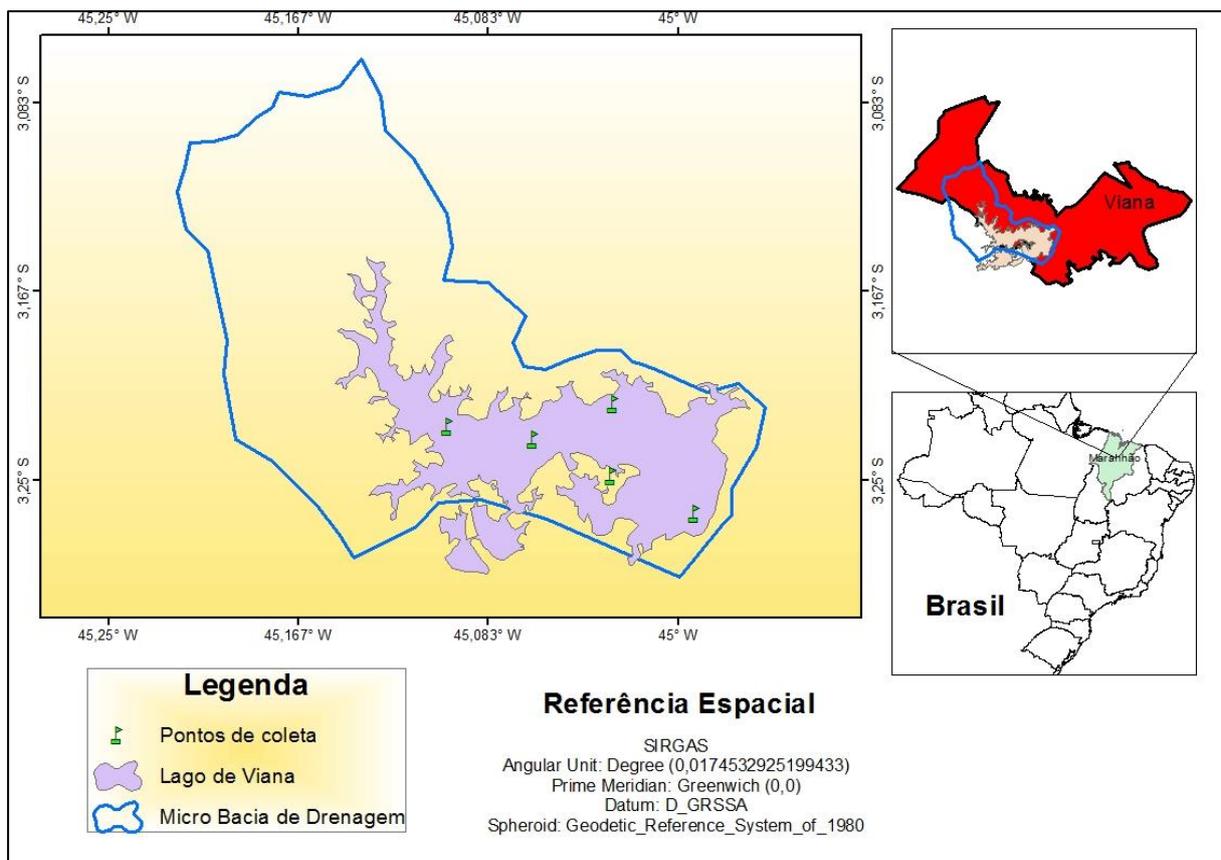


Figura 1. Mapa de Localização do Lago de Viana em relação a micro bacia de drenagem.

#### 4.2 Aquisição de Dados Ecomorfológicos

O material ictiofaunístico utilizado no estudo foi obtido durante os trabalhos de campo dos Projetos “Sustentabilidade dos lagos da Baixada Maranhense” (CNPq, 1998) e Rede de Pesquisa da Baixada Maranhense (REBAX - FAPEMA, 2012/2015). Atualmente, esse material está depositado na Coleção de Peixes da Universidade Federal do Maranhão.

As coletas de peixes durante a execução destes projetos foram efetuadas utilizando-se baterias de redes de emalhar com malhas variando de 15 a 40 mm entre nós adjacentes para as redes com 10 metros de comprimento e malhas de 50 a 70 mm entre nós adjacentes para redes

com 20 metros de comprimento. Os aparelhos de pesca foram expostos durante períodos de aproximadamente 12 horas, sendo instalados ao entardecer e recolhidas ao amanhecer.

Os espécimes coletados foram acondicionados em sacos plásticos, etiquetados, fixados em formalina 10% e transportados para o laboratório, onde foi realizada a identificação taxonômica e tombamento das mesmas. A fim de identificar as diferenças morfológicas associadas com o uso do habitat, foram obtidas 20 medidas morfométricas, descritas na tabela 1, foram utilizados em média 10 indivíduos por espécie (PIORSKI et al., 2005).

Tabela 1. Variáveis morfométricas obtidas no lado esquerdo do corpo de cada exemplar capturado.

Variável	Código	Descrição
Comprimento padrão	CP	Distância da parte mais anterior da cabeça até o fim da coluna vertebral
Altura máxima do corpo	AMC	Maior distância vertical do corpo
Largura máxima do corpo	LMC	Maior distância do corpo lado a lado
Largura do corpo	LCP	Distância entre as bases anteriores das nadadeiras Peitorais
Comprimento do pedúnculo caudal	CPC	Distância da base posterior da nadadeira anal até o fim da coluna vertebral
Altura do pedúnculo caudal	APC	Medida em sua região mediana
Largura do pedúnculo caudal	LPC	Medida de um lado ao outro do pedúnculo
Distância máxima vertical da nadadeira caudal	DMVNC	Distância máxima entre os raios dos lobos superior e inferior, totalmente estendidos
Comprimento máximo da nadadeira caudal	CMNC	Medida entre a extremidade da coluna vertebral e a extremidade de maior raio da nadadeira caudal
Posição do olho	PO	Distância vertical entre a porção mediana da órbita e a região ventral da cabeça
Diâmetro do olho	DO	Medida do raio da circunferência do olho e multiplicada por 2.
Comprimento da cabeça	CC	Distância da ponta do focinho até a margem posterior do opérculo
Largura da boca	LB	Distâncias entre as porções laterais da boca quando totalmente aberta
Altura da boca	AB	Distâncias entre as mandíbulas superior e inferior, com a boca totalmente aberta
Comprimento máximo da nadadeira peitoral	CPT	Comprimento máximo medido da base da nadadeira à extremidade do raio mais longo
Largura máxima da nadadeira peitoral	LPT	Medida no ponto de maior largura da nadadeira peitoral
Área da nadadeira peitoral	ANP	Obtida a partir do produto entre o comprimento e largura da nadadeira peitoral.
Área da nadadeira caudal	ANC	Obtida a partir do produto entre o comprimento e largura da nadadeira caudal.
Posição da boca	PB	Distância vertical entre a porção superior da boca e a região ventral da cabeça
Altura máxima da cabeça	AMCA	Distância vertical entre a porção superior da cabeça e a região ventral da cabeça

A partir desse conjunto de medidas foram obtidos 15 índices, representando atributos ecomorfológicos que refletem a ecologia dos peixes, separando as espécies de acordo com a agilidade natatória, posição na coluna d'água e características tróficas. Os métodos de obtenção e as interpretações de cada atributo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos ecomorfológicos e sua característica biológica a serem utilizados para caracterização das assembleias de peixes quanto a diversidade funcional.

Índices	Fórmulas	Descrição
Índice de Compressão (IC)	$\frac{AMC}{LMC}$	Razão entre a altura máxima do corpo e a largura máxima do corpo. Altos valores indicam forte compressão lateral do peixe, comum em peixes que ocupam habitats com água em baixa velocidade.
Altura Relativa do Corpo (ARC)	$\frac{AMC}{CP}$	Razão entre a altura máxima do corpo e o comprimento padrão. Está inversamente relacionado à velocidade desenvolvida pelo animal e diretamente relacionado à capacidade de fazer giros verticais.
Comprimento Relativo do Pedúnculo Caudal (CRPC)	$\frac{CPC}{CP}$	Razão entre o comprimento do pedúnculo caudal pelo comprimento padrão. Está relacionado com a habilidade natatória.
Índice de Compressão do Pedúnculo Caudal (ICPC)	$\frac{APC}{LPC}$	Razão entre a altura e a largura do pedúnculo caudal. Este índice relaciona-se inversamente com a velocidade de natação e diretamente com a capacidade de realizar manobras.
Configuração da Nadadeira Peitoral (CNP)	$\frac{CPT}{LPT}$	Razão entre o comprimento máximo e a largura máxima da nadadeira peitoral. Está relacionada com a intensidade de natação.
Comprimento Relativo da Cabeça (CRP)	$\frac{CC}{CP}$	Razão do comprimento da cabeça e o comprimento padrão. Está relacionado com o tamanho da presa consumida
Posição Relativa do Olho (PRO)	$\frac{PO}{AMCA}$	Razão entre a altura da cabeça abaixo do meio do olho e a altura máxima da cabeça. Indica a posição do animal na coluna d'água.
Área de abertura Bucal (AAB)	$\frac{(LB * AB)}{(LMC * AMC)}$	Razão entre o produto da largura e comprimento da boca pelo produto da largura e comprimento do corpo. As dimensões da boca indicam o tamanho relativo da presa.
Formato da boca (FB)	$\frac{AMB}{LMB}$	Razão entre a altura máxima da boca e a largura máxima da boca. Método de captura das presas.
Altura Relativa da Boca (ARB)	$\frac{AB}{CP}$	Razão entre a altura da boca e o comprimento padrão. Os dois últimos índices relacionam-se com o tamanho das presas.
Posição relativa da Boca (PRB)	$\frac{PB}{AMCA}$	Razão entre a distância vertical entre a porção superior da boca e a região ventral da cabeça e a altura máxima da cabeça. Indica o método empregado na alimentação na coluna d'água.
Configuração da Região Caudal (CRC)	$\frac{DMVNC}{APC}$	Relação entre a distância máxima vertical da nadadeira caudal pela altura do pedúnculo caudal. Está relacionada a agilidade natatória dos peixes.

Índices	Fórmulas	Descrição
Formato da Nadadeira Caudal ( <b>FNC</b> )	$\frac{CMNC^2}{ANC}$	Razão entre a altura máximo e a área da nadadeira caudal. Está relacionada com a propulsão e direção.
Razão das Áreas das Nadadeiras ( <b>RAN</b> )	$\frac{2 * ANP}{ANC}$	Razão entre a área da nadadeira peitoral e caudal. Está relacionada com o principal tipo de propulsão entre as nadadeiras peitoral e caudal.
Área Relativa das Nadadeiras ( <b>ARN</b> )	$\frac{(2 * ANP) + ANC}{\frac{\pi}{4} * LC * AMC}$	Relação entre Área da nadadeira peitoral, nadadeira caudal, largura do corpo e altura máxima do corpo. Relacionado com a eficiência da manobralidade.

### 4.3 Análise de dados ecomorfológicos

Foi aplicada a Análise de Coordenadas Principais (PCoA) para os dados coletados nos anos de 1998, 1999, 2014 e 2015, afim de representar a distribuição das espécies no espaço de caracteres, permitindo distinguir os agrupamentos de espécies de acordo com os vetores formados pelos atributos.

Os atributos morfológicos foram organizados em matrizes de abundância de espécies e média dos atributos, as espécies foram codificadas com o intuito de melhorar a representação gráfica (Apêndices, Quadro 1). Obteve-se a matriz de similaridade (ou dissimilaridade) e em seguida foi gerado o gráfico de dispersão, com a utilização do software R (R Development Core Team, 2012).

Esse procedimento permite avaliar variações temporais ou gradientes, mesmo diante de poucas unidades amostrais.

### 4.4 Caracterização funcional

Após a identificação dos agrupamentos com base nos atributos ecomorfológicos, foi realizada dentro desses grupos a separação por grupo funcional. Tal classificação se deu com base em uma tabela contendo características tróficas, uso do hábitat, distribuição vertical e tamanho corporal (Tabela 3).

Afim de validar a classificação, para cada espécie rotulada como pertencente a determinado grupo funcional foi realizada comparação com informações disponível na literatura. Tal abordagem qualitativa permite identificar os grupos com espécies funcionalmente redundantes ou complementares.

Tabela 3. Critérios para classificação dos grupos funcionais, com base nas características da dieta, hábito alimentar, uso do hábitat, distribuição vertical e tamanho corporal.

GF	Características		Funcionalidade
I	a. dieta	Carnívoro/Insetívoro/Piscívoro	Controle das populações de invertebrados e/ou outros peixes
	b. hábito alimentar	Predador de espreita/Especulação de substrato	
	c. uso do habitat	Uso das margens	
	d. distribuição vertical	Fundo	
	e. tamanho corporal	Grande	
II	a. dieta	Onívoro	Contribui na produtividade primária através da diminuição na quantidade de itens em suspensão
	b. hábito alimentar	Investe em itens em suspensão	
	c. uso do habitat	Uso das margens e canal	
	d. distribuição vertical	Coluna d'água (do fundo a superfície)	
	e. tamanho corporal	Pequeno a Médio	
III	a. dieta	Herbívoro/Detritívoro	Contribui na ciclagem de nutrientes
	b. hábito alimentar	Pastagem	
	c. uso do habitat	Uso do canal	
	d. distribuição vertical	Fundo	
	e. tamanho corporal	Grande	
IV	a. dieta	Detritívoro/Onívoro	Controle das populações de invertebrados / Remoção de matéria orgânica/ Participa da cadeia trófica como presa para espécies piscívoras
	b. hábito alimentar	Especulação de substrato / superfície do substrato	
	c. uso do habitat	Uso das margens	
	d. distribuição vertical	Fundo e/ou Superfície	
	e. tamanho corporal	Pequeno e Médio	

\*Adaptado de (MANNA; REZENDE; MAZZONI, 2013).

\*GF=Grupo Funcional

#### 4.5 Caracterização Ambiental

Para caracterização das condições fisiográficas do entorno do Lago de Viana foram aplicadas técnicas de geoprocessamento, em Sistema de Informações Geográficas (SIG), através do Quantum Gis 2.14.0. Trata-se de um programa livre, de alto desempenho em processar imagens para obtenção de dados quantitativos e qualitativos.

Para delimitação da microbacia de drenagem do lago de Viana, indicando os limites topográficos, foram adquiridos dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) para os dois períodos de estudo (1998/1999 e 2014/2015), com escala de 1:100.000, disponíveis no site do serviço geológico dos Estados Unidos ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) - *United States Geological Survey, USGS*).

Posteriormente os pontos de maior altitude foram ligados, indicando todo os limites topográficos que possibilitam o escoamento da água de origem pluvial para o interior do lago.

Uma vez delimitada a micro bacia de drenagem, foram adquiridas imagens de satélite Landsat 4-5 TM (Thematic Mapper) para o período de 1998-1999 e Landsat 8 para 2014-2015 no próprio site *United States Geological Survey – USGS*.

Os critérios escolhidos para download e seleção de imagens foram, baixa cobertura de nuvens, períodos de nível mínimo da lâmina de água e máximo de cheia do Lago de Viana. Tal procedimento buscou minimizar as possíveis perdas de informações em relação as classes arbustiva e herbácea, sendo consideradas como uma única feição. As classes foram escolhidas com base na resolução espacial das imagens de 1998-1999 (30m), posteriormente utilizadas para o período de 2014-2015, foi possível distinguir seis feições.

A área da lâmina de água em cheia, foi adquirida através de imagens correspondente ao final do período chuvoso da região estudada (junho 1998/1999 - 2014/2015). Para obtenção da área da lâmina de água em seca, foram utilizadas imagens do período de estiagem (novembro 1998/1999 - 2014/2015).

As áreas das classes arbórea, herbácea/arbustiva, solo exposto e antropizada, foram obtidas dentro dos limites da bacia de drenagem (LBD) e fora do limite máximo da lâmina de água do lago (LML), denominada como área de influência direta (AID), seguindo-se então com a vetorização das feições.

Para cada área das classes vetorizadas foi calculado a percentual de contribuição (PC), através da fórmula:

$$PC = (100 \times AC)/AID$$

Onde:

PC= Percentual de contribuição;

AC= Área da classe vetorizada;

AID= Área de influência direta, resultante da diferença entre LBD e LML.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Composição Ecomorfológica

Para a composição da ictiofauna do Lago de Viana (LV), foram coletados dados de 594 indivíduos distribuídos em 50 espécies, onde para cada exemplar foram tomadas 20 medidas morfométricas e decompostas em 15 atributos.

A avaliação considerando o número de indivíduos para cada espécie por ordem de peixes capturados no ano de 1998 e 1999 mostrou que 58% são pertencentes à ordem Characiformes, 28% Siluriformes, 6% a ordem Clupeiformes, 5% Perciformes, 5% Cypriniformes, e apenas 0,3% para a ordem Gymnotiformes.

Nos período de 2014 e 2015 os indivíduos ficaram distribuídos em 47% Characiformes, 27% Siluriformes, 13% Clupeiformes, 12% Perciformes, as ordens Elopiformes, Gymnotiformes e Pleuronectiformes com menos de 1% cada.

A Análise de Coordenadas Principais, foi utilizada para verificar a tendência da distribuição das espécies no espaço de características ecomorfológicas. Para o ano de 1998 a formação dos dois primeiros eixos explicaram 62,1% da variação correspondendo em seu primeiro eixo a 37% da variabilidade e o segundo eixo 25,1% (Figura 2. A, B).

Foram identificados três agrupamentos, onde o grupo 1 foi representado por espécies pertencentes as famílias Acestrorhynchidae, Anostomidae, Auchenipteridae, Characidae, Curimatidae, Doradidae, Engraulidae, Hemiodontidae, Prochilodontidae e Serrasalminidae. Justificadas pelos atributos CNP, relacionado com a intensidade de natação, onde a maioria das espécies apresentaram nadadeiras com comprimento reduzido e IC, indivíduos que apresentaram forte compressão lateral, típico de peixes que ocupam habitats com baixa velocidade, ocupando posição mediana na coluna de água (Figura 2. A, B).

No agrupamento 2 as famílias que se destacaram foram Cichlidae, Erythrinidae e Sciaenidae, descritas pelos atributos ICPC, AAB e PRB, tais atributos estão relacionados com a capacidade de realizar manobras, as dimensões da boca indicam o tamanho relativo das

presas e o método empregado durante a alimentação na coluna d'água, preferindo regiões próximas a superfície (Figura 2. A, B).

Os atributos que contribuíram para a formação do grupo 3 foram CRPC, FNC, RAN e ARN, estão relacionados com a agilidade natatória, são espécies que possuem capacidade natatória relativamente baixa, em virtude principalmente das dimensões medianas da região caudal, tais espécies pertencem as famílias Auchenipteridae, Callichthyidae e Loricariidae (Figura 2. A, B).

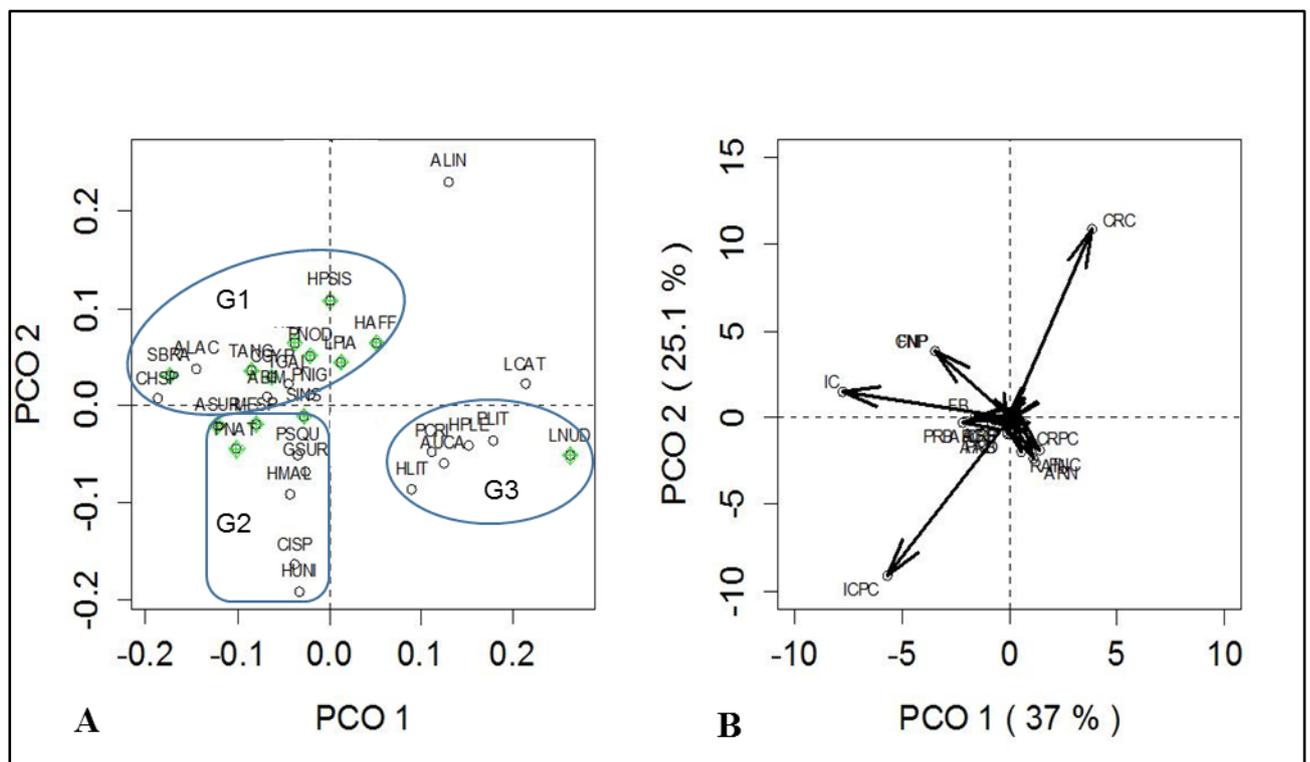


Figura 2. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) representando os dados de 1998 no plano bidimensional, onde (A) corresponde as espécies e (B) atributos. Agrupamentos representados por 1, 2,3 e 4.

Para o ano de 1999 o primeiro eixo formado pela PCoA explicou 26,6% da variação e o segundo eixo 15,3%, perfazendo em conjunto um total de 41,9%.

As espécies que formaram o grupo 1 são representadas pelas famílias Loricariidae e Pimelodidae (Figura 2. A). Justificadas pelos atributos CRPC, AAB e FNC (Figura 2. B), relacionados com o tamanho da presa consumida, onde as espécies identificadas neste agrupamento são detritívora e onívora, apresentando baixa atividade natatória.

O agrupamento 2 foi formado pelas famílias Pimelodidae e Hemiodontidae, os atributos CRP, PRO, CRC e CNP, foram os que mais contribuíram para formação desse

padrão (Figura 3. A,B). Relacionados com a capacidade de realizar manobras e método de captura das presas. Tais espécies apresentam boca em posição inferior e olhos relativamente altos, atuando ao longo da coluna de água e próximas ao substrato.

No agrupamento 3 as espécies que se agruparam correspondem as famílias Curimatidae, Cichlidae e Serrasalmididae, corroboradas pelos atributos ARB, ARC, PRB e IC, tais caracteres estão associados ao tamanho das presas capturadas, capacidade de realizar giros verticais, método de captura do alimento e velocidade da água. As espécies são caracterizadas por apresentarem boca na porção terminal, com faixa de captura obtenção de alimento na faixa mediana da coluna de água.

A formação do agrupamento 4 foi composto pelas famílias Prochilodontidae, Auchenipteridae e Curimatidae (Figura 3. A). As espécies de tal grupo foram explicadas pela variação dos atributos ARN, ICPC, FB e RAN. Relacionado com a capacidade de realizar manobras e método de captura das presas. As espécies deste grupo apresentam boca com formato que permite a obtenção de recursos através da especulação do substrato e a moderada compressão do pedúnculo caudal permite uma maior capacidade de realizar investidas verticais em itens alimentares disponíveis no substrato.

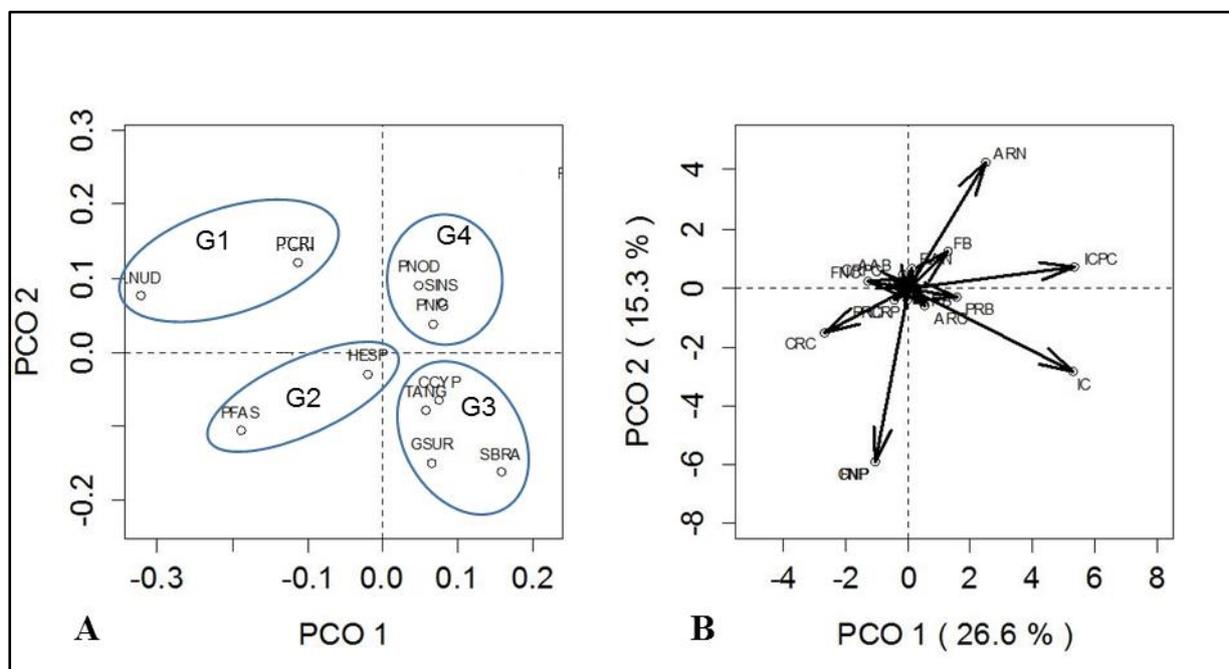


Figura 3. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) representando os dados de 1999 no plano bidimensional, onde (A) corresponde as espécies e (B) atributos. Grupos funcionais representados por 1, 2, 3 e 4.

A análise de coordenadas principais para o ano de 2014, mostrou que os dois primeiros eixos explicaram 56,1% da variação. Onde o primeiro eixo explicou 35% e o segundo 21,1%.

Na figura 4.A, foi possível observar a formação de 3 grupos distintos, o agrupamento 1 é formado por espécies das famílias Gymnotidae, Rhamphichthyidae e Sternopygidae, influenciado pelos atributos PRB e PRO, indicando a posição dos indivíduos na coluna d'água e método empregado na alimentação, em se tratando de habito alimentar são onívoras e carnívoras, atuando preferencialmente na porção mediana da coluna de água. O grupo 2 foi constituído por espécies da família Loricariidae, associado ao atributo CRC, CNP e CRPC, tal atributo está relacionado a agilidade natatória dos peixes (Figura 4. A, B). Por se tratar de espécies com pedúnculo caudal longo, sua agilidade natatória é limitada.

O grupo 3 foi mais extenso esteve formado pelas espécies pertencentes as famílias Achiridae, Anostomidae, Auchenipteridae, Callichthyidae, Centropomidae, Characidae, Cichlidae, Curimatidae, Cynodontidae, Doradidae, Engraulidae, Erythrinidae, Loricariidae, Megalopidae, Pimelodidae, Sciaenidae, Serrasalminidae e Triportheidae. Confirmadas pelos atributos IC, ICPC, ARN, RAN e FNC relacionados a preferência por habitats com água em baixa velocidade, diretamente relacionado com a capacidade de realizar manobras e propulsão entre as nadadeiras peitoral e caudal.

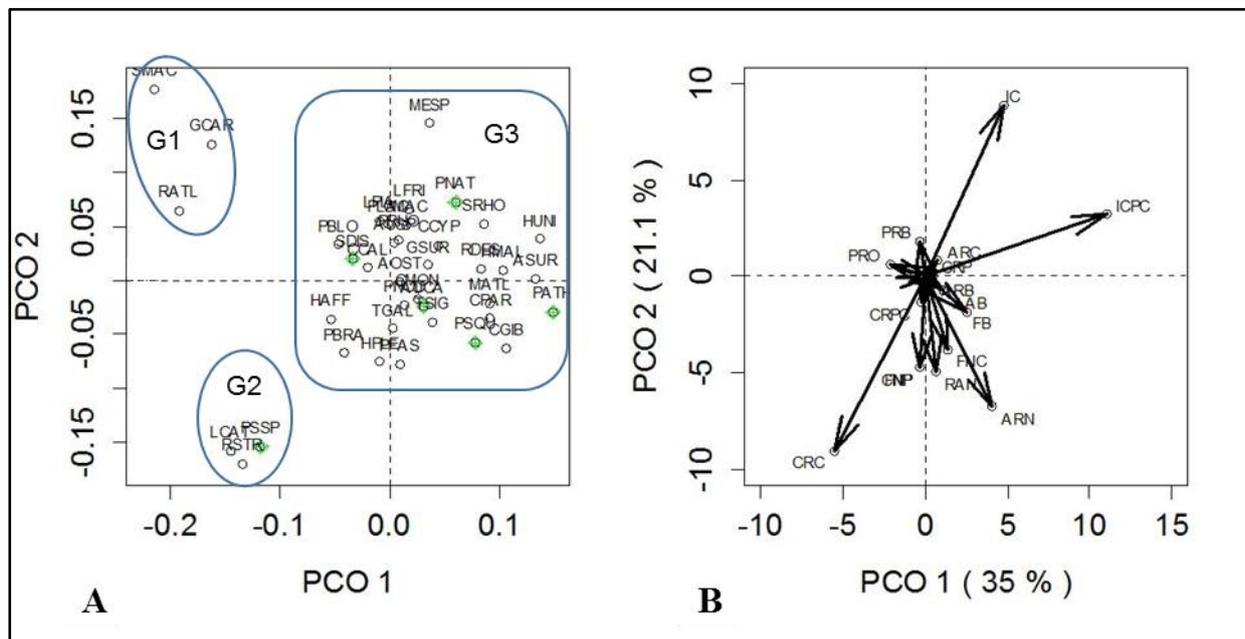


Figura 4. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) representando os dados de 2014 no plano bidimensional, onde (A) corresponde as espécies e (B) atributos. Grupos funcionais representados por 1, 2 e 3.

Em relação ao ano de 2015 o primeiro eixo explicou 24,2% da variabilidade e o segundo 20,4%, elucidando em conjunto um total de 44,6% (Figura 5. A, B).

O grupo 1 foi representado por espécies pertencentes as famílias Cynodontidae, Engraulidae, Erythrinidae, Sciaenidae e Serrasalmidae. Corroboradas pelos atributos, PRB onde as espécies identificadas ocupam regiões medianas da coluna de água, já os atributos AAB, ARB e FB relacionados com o tamanho das presas consumidas e método empregado na captura do alimento, em se tratando de hábito alimentar as espécies pertencentes a este grupo são classificadas como carnívoras.

As espécies que configuram o agrupamento 2 pertencem as famílias Auchenipteridae, Characidae, Curimatidae, Doradidae e Triportheidae. Apoiados principalmente pelos atributos CNP e FNC, estes atributos são relacionados com a agilidade natatória, onde as espécies possuem nadadeiras peitorais alongadas, favorecendo a manobrabilidade.

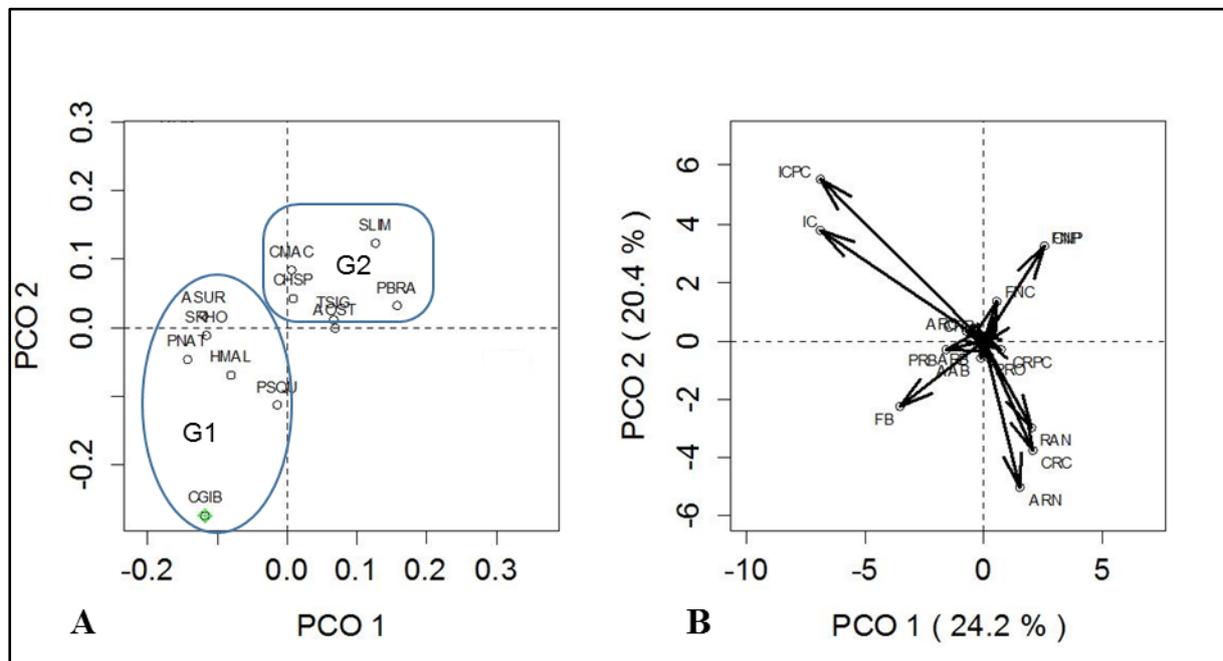


Figura 5. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) representando os dados de 2015 no plano bidimensional, onde (A) corresponde as espécies e (B) atributos. Grupos funcionais representados por 1 e 2.

## 5.2 Caracterização Funcional

Em relação ao ano de 1998 os grupos funcionais foram constituídos por I, II, e IV (agrupamento 1), I, II e IV (agrupamento 2) III e IV (agrupamento 3) (Figura 2. A e B).

Para o ano de 1999, o padrão observado foi, grupo funcional III e IV (agrupamento 1), I e IV (agrupamento 2), II e IV (agrupamento 3) III e IV (agrupamento 4) (Figura 3. A e B).

Em 2014 os grupos funcionais estiveram distribuídos em I e IV (agrupamento 1), III (agrupamento 2) por fim espécies pertencentes aos grupos funcionais I, II, III e IV (agrupamento 3) (Figura 4. A e B).

A composição funcional para o ano de 2015 esteve representada por *I* e *II* (agrupamento *I*), grupo funcional *I*, *II* e *IV* (agrupamento 2) (Figura 5. A e B).

### 5.3 Caracterização ambiental

Após o processamento das imagens a micro bacia de drenagem delimitada para a região do lago de Viana foi composta por uma área de 347,0 km<sup>2</sup>. A lâmina de água calculada para o período máximo de cheia em 1998-1999 esteve em 97 km<sup>2</sup> e seca 23 km<sup>2</sup>, em relação ao período 2014-2015 o área foi de 110 km<sup>2</sup> em cheia e 26,6 km<sup>2</sup> no nível mínimo.

A partir da vetorização realizada para os dois momentos temporais, 4 classes de características ambientais da Área de Influência Direta (AID) foram obtidas. Para o período 1998-1999, os resultados indicam que a área arbórea foi de 73,6 km<sup>2</sup> representando 21% da AID, as feições Herbácea/arbustiva 142,3 km<sup>2</sup>, solo exposto 22,8 km<sup>2</sup> e área antropizada 11,3 km<sup>2</sup> em termos percentuais ocuparam 41%, 7% e 3% da AID, respectivamente (Figura 6).

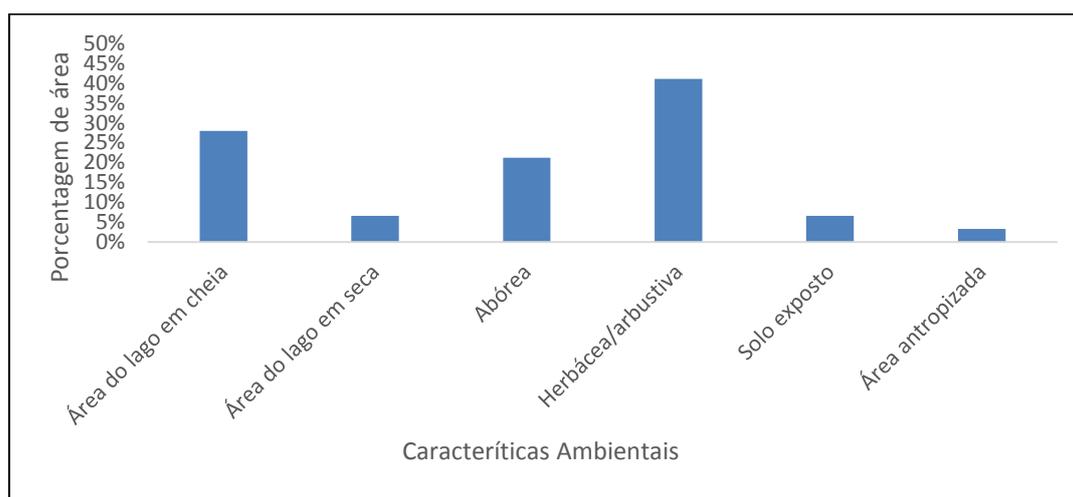


Figura 6. Representação Percentual das características ambientais do entorno do Lago de Viana para o primeiro período temporal analisado (1998-1999).

As classes vetorizadas para o período de 2014-2015 estiveram representadas pela área arbórea perfazendo 39,8 km<sup>2</sup> representando 11% da AID, Herbácea/arbustiva 132 km<sup>2</sup> com 38%, solo exposto 25,2 km<sup>2</sup> preenchendo 7% e área antropizada 40 km<sup>2</sup> configurando 12% (Figura 7).

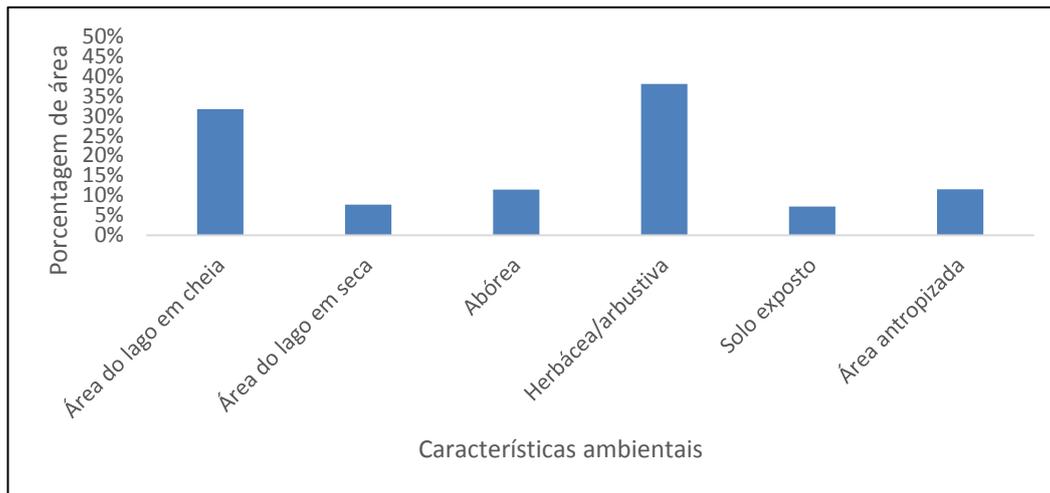


Figura 7. Representação percentual das características ambientais do entorno do Lago de Viana para o segundo período temporal analisado (2014-2015).

A análise da composição percentual quanto às classes mensuradas para os dois momentos temporais permitiu identificar um padrão de predominância da feição herbácea/arbustiva, com leve declínio em 2014/2015, cerca de 3%, seguido pela feição arbórea que apresentou decréscimo de cerca de 10% no segundo momento.

Analisando a área antropizada foi possível detectar um aumento considerável de 1998/1999 para o segundo momento (8%). Em se tratando de solo exposto, foi observado padrão semelhante nos dois momentos temporais, sendo observada o menor percentual de declínio (1%).

## 6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a análise da PCoA trouxeram alta contribuição na explicação da distribuição das espécies no espaço de atributos ecomorfológicos, visto que foi possível distinguir padrões de interações entre indivíduos da comunidade de peixes quanto ao uso dos diferentes compartimentos do lago de Viana. Esclarecendo a heterogeneidade dos grupos morfológicamente semelhantes e funcionalmente distintos. Usualmente tal abordagem é empregada em ambientes lacustres, rios (POOL et al., 2010; VILLÉGER et al., 2010) e ambientes costeiros (NYITRAI et al., 2012) com o objetivo de realizar comparações com características fisiográficas, gradiente longitudinal e micro habitat.

Os atributos que mais se destacaram na separação das espécies analisadas neste trabalho foram, índice de compressão (IC), posição relativa da boca (PRB), índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC), configuração da nadadeira peitoral (CNP), formato da nadadeira caudal (FNC) e formato da boca (FB). Em trabalhos realizados para riachos

atributos que mais se destacam são também os que estão relacionados com o uso do hábitat e agilidade natatória (TERESA; CASATTI, 2012).

Os atributos identificados neste trabalho estão relacionados com distribuição vertical dos indivíduos na coluna d'água, indivíduos que possuem o corpo achatado dorso ventralmente e boca voltada para baixo, possuem hábitos preferencialmente bentônicos.

Outra característica dos atributos que enfatizaram a separação das espécies analisadas no presente trabalho foi a agilidade natatória, capacidade de realizar manobras e método de captura das presas, atrelados a espécies que atuam ao longo da coluna d'água, tem-se como exemplo a espécie *Acestrorhynchus lacustres* e espécie *Pygocentrus nattereri* pertencentes as família Acestrorhynchidae e Serrasalminidae respectivamente (LEAL et al., 2013; NUNES, 2016; PIORSKI et al., 2005).

A composição dos grupos funcionais (GF) esteve caracterizada por espécies que atuam no controle das populações de invertebrados e outros peixes, sendo este último, o item dominante na dieta de várias espécies presentes no lago de Viana (PIORSKI et al., 2005).

Outras característica funcionais evidenciadas no presente trabalho foram espécies que contribuem na produtividade primária e ciclagem de nutrientes, através da remoção de material particulado em suspensão na coluna d'água, favorecendo o aumento da zona eufótica e participando da cadeia trófica como presas para espécies piscívoras (KECK et al., 2014).

As características observadas nos agrupamentos ecomorfológicos e funcionais como utilização e partilha dos recursos disponíveis no ambiente de forma complementar, pode servir como indicativo de possíveis perturbações de caráter fisiográfico (uso e ocupação no entorno do lago), limnológicos (parâmetros físicos e químicos da água) e hidrológicas (variação da lamina d'água) que os ambientes lacustres tendem a apresentar (MOUILLOT et al., 2013).

Interações entre grupos funcionais distintos podem indicar respostas dos organismos a variações na disponibilidade de recursos, bem como identificar espécies generalistas que podem coexistir e suportar moderados distúrbios ambientais (BISWAS; MALLIK, 2011).

Considerando os anos de coleta, foi identificado que em 1998 e 1999 ocorreu predomínio de espécies pertencentes ao GF IV, seguido com menor frequência pelo GF III. Ecomorfológicamente explicados pelos atributos relacionados com agilidade natatória, os agrupamentos funcionais foram compostos por espécies com morfologia distinta, tem-se

como exemplo as espécies *Prochilodus nigricans* e *Pseudauchenipterus nodosus*, que fazem parte do mesmo grupo funcional (grupo IV). Com características alimentares onívora, quanto a distribuição vertical, preferem locais rasos e vivem próximo ao substrato.

Características de redundância funcional pode ser um indicativo das respostas da ictiofauna às variações ambientais, onde espécies com morfologia diferentes acabam desempenhando mesmo papel funcional devido a déficit de recursos disponíveis. Os resultados da caracterização ambiental para o lago de Viana sugerem que as taxas de produtividade de recursos para as espécies da ictiofauna, podem estar contribuindo para resiliência da comunidade, ou seja as espécies podem manter seus aspectos funcionais ao longo do tempo (FONSECA; GANADE, 2001).

Em 2014 e 2015 o padrão funcional exibido pelos agrupamentos no presente estudo, esteve representado por espécies pertencentes aos GFs I e II. Tais grupos atuam no controle das populações de invertebrados e/ou outros peixes e contribuem na produtividade primária através da diminuição da quantidade de itens em suspensão.

Caracterizar os padrões de partilha de recursos, é uma componente chave para entender os processos que moldam a estrutura da ictiofauna (OLIVEIRA et al., 2010). De acordo com o conceito de filtros ambientais, que são fatores abióticos que podem interferir direta e indiretamente na distribuição e composição da ictiofauna (POFF, 1997) e com os padrões observados no presente estudo, são alcançadas indicadores legítimas de que a comunidade de peixes do lago de Viana pode estar sofrendo alterações em sua composição ecomorfológica e funcional nos dois momentos temporais. No entanto se faz necessário analisar outros aspectos da diversidade funcional e características ambientais no intuito de gerar mais evidências que comprovem o padrão encontrado no presente estudo (MANNA et al., 2013).

A utilização da abordagem que descreve grupos de espécies ecomorfológicamente semelhantes e sua relação com a distribuição e uso do hábitat, traz resposta eficazes na detecção de padrões que podem moldar comunidades em ambientes lacustres (OLIVEIRA et al., 2010). No presente trabalho foi possível detectar padrões que podem estar correlacionados com as alterações ambientais, visto que, as alterações sofridas no entorno do lago de Viana, podem indicar uma tendência, a perturbações dentro do lago. Como lançamento de esgoto in natura, barragens para retenção de água e pecuária extensiva, causando principalmente afloramento de algas nocivas aos organismos aquáticos, déficit de

oxigênio dissolvido, alterações no ciclo de inundação e destruição de micro habitats (MORAES; ANDREATA; OLIVEIRA, 2014).

Outra característica marcante da análise ambiental foi a expansão urbana, podendo influenciar no aumento da pesca na região do lago, conseqüentemente aumentar as pressões sobre a comunidade de peixes e traz evidências da perda de funcionalidade do segundo momento (MARTINS et al., 2012).

## **7 CONCLUSÃO**

A análise de PCoA indicou variedade quanto ao uso do habitat e características tróficas para as 50 espécies analisadas.

A caracterização ecomorfológica possibilitou determinar os principais atributos que formam os grupos de peixes de acordo com o uso do ambiente. Essas características apresentaram-se como um bom descritor do comportamento alimentar, agilidade natatória e preferências ao longo da coluna d'água.

Diferenças dos grupos funcionais exibidos nos dois momentos temporais evidenciaram alterações que podem estar ocorrendo dentro e no entorno do lago de Viana, haja vista a heterogeneidade dos GFs nos dois momentos. Isso sugere que os padrões de complementariedade observados podem acarretar em uma perda de funcionalidade.

As características ambientais permitiram contextualizar as transformações sofridas pela comunidade de peixe do Lago de Viana, de modo que, as alterações sofridas em escala local (nível da lâmina d'água em seca, diminuição de área arbórea e aumento da área antropizada), são indicadores promissores para comparações na esfera temporal e espacial.

## 8 REFERÊNCIAS

- AFFONSO, A. G.; QUEIROZ, H. L.; NOVO, E. M. L. M. Abiotic variability among different aquatic systems of the central Amazon floodplain during drought and flood events. **Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia**, v. 75, n. 4, p. 1–10, 2015.
- BARRAGÁN, F. et al. Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity. **PLoS ONE**, v. 6, n. 3, 2011.
- BARROSO, G. F.; GONÇALVES, M. A.; DA GARCIA, F. C. The morphometry of Lake Palmas, a deep natural lake in Brazil. **PLoS ONE**, v. 9, n. 11, 2014.
- BISWAS, S. R.; MALLIK, A. U. Species diversity and functional diversity relationship varies with disturbance intensity. **Ecosphere**, v. 2, n. 4, p. 1–10, 2011.
- BORDIGNON, C. R. et al. Fish complementarity is associated to forests in Amazonian streams. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 3, p. 579–590, 2015.
- CAVALCANTE, P. R. S. et al. Limnological characteristics of three aquatic systems of the pre-Amazonian floodplain, Baixada Maranhense (Maranhão, Brazil). **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 3, n. February 2016, p. 521–531, 2000.
- CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 93–103, 2009.
- CRISTINA, I.; BITTENCOURT, C. U.; SAMPAIO, J. Identificação de tensores ambientais nos ecossistemas aquáticos da área de proteção ambiental (APA) da Baixada Maranhense. Identification of Environmental Tensors in Aquatic Ecosystems of the Environmental Protection Area Baixada Maranhense. v. 5, n. 1, p. 74–85, 2010.
- FONSECA, C. R.; GANADE, G. Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. **Journal of Ecology**, v. 89, p. 118–125, 2001.
- FRIESE, K. et al. Anthropogenic influence on the degradation of an urban lake - The Pampulha reservoir in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. **Limnologica**, v. 40, n. 2, p.

114–125, 2010.

KECK, B. P. et al. Fish functional traits correlated with environmental variables in a temperate biodiversity hotspot. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, 2014.

LEAL, C. G. et al. Variações ecomorfológicas e de uso de habitat em *Piabina argentea* (Characiformes, Characidae) da bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 103, n. 3, p. 222–231, 2013.

LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H. et al. Morphology and efficiency of a specialized foraging behavior, sediment sifting, in neotropical cichlid fishes. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, 2014.

MANNA, L. R.; REZENDE, C. F.; MAZZONI, R. Diversidade funcional de peixes de riacho: Como as assembleias podem estar organizadas? **Oecologia Australis**, v. 17, n. 3, p. 402–410, 2013.

MARTINS, G. M. et al. Effects of Fishing and Regional Species Pool on the Functional Diversity of Fish Communities. v. 7, n. 8, p. 1–9, 2012.

MASON, N. W. H. et al. Functional richness, functional evenness and functional divergence: The primary components of functional diversity. **Oikos**, v. 111, n. 1, p. 112–118, 2005.

MORAES, L. A. F. DE; ANDREATA, J. V.; OLIVEIRA, B. T. DE. **Diversity and fish distribution at Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro State, Brazil, using GIS** - doi: 10.4025/actascibiols.v36i1.18563. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 1, p. 7–18, 2014.

MOUILLOT, D. et al. Functional structure of biological communities predicts ecosystem multifunctionality. **PLoS ONE**, v. 6, n. 3, 2011.

MOUILLOT, D. et al. A functional approach reveals community responses to disturbances. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 28, n. 3, p. 167–177, 2013.

NORTON, S. F.; LUCZKOVICH, J. L.; MOTTA, P. J. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. **Environmental Biology Fishes**, v. 44, p. 287–304, 1995.

NUNES, J. Ecomorphology and diet of two species of *Acestrorhynchus* from Brazilian Northeast. n. January, 2016.

NYITRAI, D. et al. Trends in estuarine fish assemblages facing different environmental conditions: Combining diversity with functional attributes. **Aquatic Ecology**, v. 46, n. 2, p. 201–214, 2012.

OLIVEIRA, E. F. et al. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: Effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 569–586, 2010.

PETRY, A. C.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. Fish assemblages of tropical floodplain lagoons: exploring the role of connectivity in a dry year. **Neotropical Ichthyology**, v. 1, n. 2, p. 111–119, 2003.

PIORSKI, N. M. et al. Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: Characidae) do lago de Viana, estado do Maranhão, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 1, p. 63–70, 2005.

POFF, N. L. **Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology**, 1997.

POOL, T. K. et al. Environmental drivers of fish functional diversity and composition in the Lower Colorado River Basin. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 67, n. 11, p. 1791–1807, 2010.

SHEN, Z. et al. A Fast Algorithm to Estimate the Deepest Points of Lakes for Regional Lake Registration. **PLoS ONE**, v. 10, n. 12, p. e0144700, 2015.

SILVANO, R. A. M.; RAMIRES, M.; ZUANON, J. Effects of fisheries management on fish communities in the floodplain lakes of a Brazilian Amazonian Reserve. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 18, n. 1, p. 156–166, 2009.

SOUZA, C. E.; BARRELLA, W. Atributos ecomorfológicos de peixes do sul do estado de São Paulo. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 2, n. 1, p. 1–34, 2009.

TERESA, F. B.; CASATTI, L. Influence of forest cover and mesohabitat types on functional and taxonomic diversity of fish communities in Neotropical lowland streams. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 21, n. 3, p. 433–442, 2012.

VILLÉGER, S. et al. Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. **Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America**, v. 20, n. 6, p. 1512–1522, 2010.

VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2290–2301, 2008.

WATSON, D. J.; BALON, E. K. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **J. Fish Biol.**, v. 25, p. 371–384, 1984.

## APÊNDICES

Quadro 1. Espécies utilizadas e tombadas na coleção de Ictiologia da Universidade Federal do Maranhão.

<b>Espécie</b>	<b>Código/Sp.</b>	<b>Ordem</b>	<b>Família</b>
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	ALAC	Characiformes	Acestrorhynchidae
<i>Achirus lineatus</i>	ALIN	Pleuronectiformes	Achiridae
<i>Ageneiosus ucayalensis</i>	AUCA	Siluriformes	Auchenipteridae
<i>Anchovia surinamensis</i>	ASUR	Clupeiformes	Engraulidae
<i>Astyanax bimaculatus</i>	ABIM	Characiformes	Characidae
<i>Auchenipterus sp</i>	AUSP	Siluriformes	Auchenipteridae
<i>Callichthys callichthys</i>	CCAL	Siluriformes	Callichthyidae
<i>Centropomus parallelus</i>	CPAR	Perciformes	Centropomidae
<i>Charax sp</i>	CHSP	Characiformes	Characidae
<i>Cichla monoculus</i>	CMON	Perciformes	Cichlidae
<i>Cichlasoma sp.</i>	CISP	Perciformes	Cichlidae
<i>Curimata cyprinoides</i>	CCYP	Characiformes	Curimatidae
<i>Cynodon gibbus</i>	CGIB	Characiformes	Cynodontidae
<i>Geophagus surinamensis</i>	GSUR	Perciformes	Cichlidae
<i>Gymnotus carapo</i>	GCAR	Gymnotiformes	Gymnotidae
<i>Hassar affinis</i>	HAFF	Siluriformes	Doradidae
<i>Hemiodus sp</i>	HESP	Characiformes	Hemiodontidae
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	HUNI	Characiformes	Erythrinidae
<i>Hoplias malabaricus</i>	HMAL	Characiformes	Erythrinidae
<i>Hoplosternum littorale</i>	HLIT	Siluriformes	Callichthyidae
<i>Hypostomus plecostomus</i>	HPLE	Siluriformes	Loricariidae
<i>Leporinus piau</i>	LPPIA	Characiformes	Anostomidae
<i>Leporinus friderici</i>	LFRI	Characiformes	Anostomidae
<i>Loricaria cataphracta</i>	LCAT	Siluriformes	Loricariidae
<i>Loricariichthys nudirostris</i>	LNUD	Siluriformes	Loricariidae
<i>Megalops atlanticus</i>	MATL	Elopiformes	Megalopidae
<i>Metynnias sp</i>	MESP	Characiformes	Serrasalminidae
<i>Pimelodella cristata</i>	PCRI	Siluriformes	Pimelodidae
<i>Pimelodus blochii</i>	PBLO	Siluriformes	Heptapteridae
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	PSQU	Perciformes	Sciaenidae
<i>Platydoras brachylecis</i>	PBRA	Siluriformes	Doradidae
<i>Prochilodus nigricans</i>	PNIG	Characiformes	Prochilodontidae
<i>Psectrogaster rhomboides</i>	PRHO	Characiformes	Curimatidae
<i>Pseudoauchenipterus nodosus</i>	PNOD	Siluriformes	Auchenipteridae
<i>Pseudoloricaria sp.</i>	PSSP	Siluriformes	Loricariidae
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	PFAS	Siluriformes	Pimelodidae
<i>Pterengraulis atherinoides</i>	PATH	Clupeiformes	Engraulidae
<i>Pterygoplichthys lituratus</i>	PLIT	Siluriformes	Loricariidae
<i>Pygocentrus nattereri</i>	PNAT	Characiformes	Serrasalminidae
<i>Rhamphichthys atlanticus</i>	RATL	Gymnotiformes	Rhamphichthyidae
<i>Rineloricaria strigilata</i>	RSTR	Siluriformes	Loricariidae

<b>Espécie</b>	<b>Código/Sp.</b>	<b>Ordem</b>	<b>Família</b>
<i>Roeboides descalvadensis</i>	RDES	Characiformes	Characidae
<i>Schizodon dissimilis</i>	SDIS	Characiformes	Anostomidae
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	SRHO	Characiformes	Serrasalminidae
<i>Serrasalmus brandtii</i>	SBRA	Characiformes	Serrasalminidae
<i>Sorubim lima</i>	SLIM	Siluriformes	Pimelodidae
<i>Steindachnerina insculpta</i>	SINS	Characiformes	Curimatidae
<i>Sternopygus macrurus</i>	SMAC	Gymnotiformes	Sternopygidae
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	TGAL	Siluriformes	Auchenipteridae
<i>Triporthesus signatus</i>	TSIG	Characiformes	Triporthetidae