



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

FRANCISCO DUILLYS DO NASCIMENTO CHAVES

**ECOMORFOLOGIA DE PEIXES DOS RIACHOS DAS SERRAS DO ARARIPE,
IBIAPABA E PARQUE NACIONAL DE UBAJARA, CEARÁ BRASIL**

FORTALEZA

2014

FRANCISCO DUILLYS DO NASCIMENTO CHAVES

**ECOMORFOLOGIA DE PEIXES DOS RIACHOS DAS SERRAS DO ARARIPE,
IBIAPABA E PARQUE NACIONAL DE UBAJARA, CEARÁ BRASIL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Iván Sánchez Botero.

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C438e Chaves, Francisco Duillys do Nascimento.
Ecomorfologia de peixes dos riachos das serras do Araripe, Ibiapaba e Parque Nacional de Ubajara,
Ceará, Brasil / Francisco Duillys do Nascimento Chaves. – 2014.
39 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2014.
Orientação: Prof. Dr. Jorge Iván Sánchez Botero.

1. Ecomorfologia. 2. Ictiofauna. 3. Rios temporários. 4. Semiárido. I. Título.

CDD 639.2

FRANCISCO DUILLYS DO NASCIMENTO CHAVES

ECOMORFOLOGIA DE PEIXES DOS RIACHOS DAS SERRAS DE ARARIPE, IBIAPABA E PARQUE NACIONAL
DE UBAJARA, CEARÁ, BRASIL

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Meio Ambiente.

Aprovada em 31/08/2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Iván Sánchez Botero (Orientador)

Departamento de Biologia

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Danielle Sequeira Garcez

Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Vicente Vieira Faria

Departamento de Biologia

Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

À minha família, Fátima, Danielle e Michelle.

Aos meus amigos, tanto os de perto como os de longe.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, por ter me acolhido como seu próprio filho.

À minha família que sempre esteve comigo nos melhores e nos piores momentos, por toda a paciência e eterna dedicação. Fátima, minha mãe, Danielle, Michelle e Mário, vocês são o mundo para mim.

Ao professor Jorge Iván Sánchez Botero, por toda (TODA MESMO) a paciência do mundo comigo e por nunca desistir de mim. Você sempre será um exemplo de professor e orientador para minha pessoa, um dos melhores que já tive. Muito obrigado.

Aos meus amigos da igreja, em especial Matheus Carrion, Evana Carrion, Ericson Macêdo e Ana Rosa Richter, os mais próximos de mim durante esse tempo, obrigado por me aguentarem.

Aos amigos de longe, particularmente Diogo Pinho e Ronaldo Filho, que me apoiaram durante a etapa que mais precisei. Amo vocês.

Ao Coral Sobretons, que tem sido uma família para mim durante todo esse tempo. Em especial ao Condado, Otania Freire, Luiz Walter, Ítalo Marinho, Stelamaris Paula, Rachel Sanabio e Cleomon Júnior que me fortaleceram durante esse período.

Aos colegas de laboratório por estarem comigo durante todas as coletas, identificações, medições e análises estatísticas. Particularmente agradeço a Ronaldo César e Carlos Alberto, pela imensa ajuda na parte metodológica e estatística; não teria conseguido sem vocês. À Eliêta Ramos e Artur Valões, pelas palavras de incentivo e alegria. E à Ana Munguba, por não desistir, mesmo quando eu já tinha desistido.

Aos pesquisadores Edson Fontes de Oliveira e Sergio Maia Queiroz Lima, pelo auxílio nos conceitos ecomorfológicos e na identificação e tombamento das espécies, respectivamente.

Aos colegas de mestrado pelos bons momentos durante as aulas e convivência.

À CAPES, pelo financiamento e oportunidade de participar do Programa PROPAG, que me mostrou uma nova faceta de ensino e aprendizagem junto a graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, pelo suporte financeiro concedido por meio do Edital N° 13/2011 – Pesquisa em Unidades de Conservação do Bioma Caatinga, Processo 552009/2011-3, que nos permitiu realizar este estudo.

Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade do Semiárido – PPBIO, Processo 457463/2012-0, pelo apoio logístico para a realização das coletas de peixes nas serras de Araripe e Ibiapaba.

A todos que direta ou indiretamente tiveram participação e ajudaram a concluir esse projeto de pesquisa, muito obrigado.

“Você diz que giramos ao redor do Sol. Se girássemos ao redor da Lua, não faria a menor diferença para mim ou para o meu trabalho.”

Sir Arthur Conan Doyle.

RESUMO

A ecomorfologia refere-se ao estudo da influência dos fatores ambientais sobre a forma corporal dos indivíduos. De acordo com o paradigma ecomorfológico, é possível realizar inferências do ambiente e recursos a partir de características da forma dos espécimes. Assim, para testar essa premissa, foram realizadas amostragens de peixes em riachos das serras de Araripe, Ibiapaba, dentro do Parque Nacional de Ubajara e em seu entorno, para avaliação e comparação da estrutura ecomorfológica dessas assembleias. Foram feitas 31 medições em cada espécime, posteriormente convertidas em 22 índices morfométricos que foram utilizados para análises estatísticas. Para classificação em diferentes guildas tróficas foram feitas análises de conteúdo estomacal, utilizando índice alimentar baseado no volume. Para verificação da hipótese nula foi feito o teste de Mantel e Mantel Parcial e para comparação entre as regiões foram feitas análises multivariadas (PCA e CDA). Foram capturadas 23 espécies e, dessas, utilizadas 18 espécies nas análises estatísticas. O teste de Mantel resultou em relações significativas para morfologia e filogenia, e o teste de Mantel Parcial mostrou que, quando desconsiderada a filogenia, a dieta também possuía influência sobre o formato. A PCA resultou em três eixos significativos (48% de variação explicada) e mostrou um agrupamento das espécies de acordo com seu hábito e compressão corporal diretamente relacionado com a filogenia. Já a CDA apresentou três grupos bem definidos (Araripe x Ibiapaba x PNU e ZPNU), possivelmente relacionados com nível de preservação do ambiente, formações geológicas e influência antrópica, com mais de 90% da variação explicada. A ecomorfologia, neste caso, não foi um bom indicador da unidade de conservação avaliada, podendo ser outros métodos ou indicadores mais eficientes para essa abordagem. Outros estudos relacionados à influência do habitat e convergência/divergência podem esclarecer mais a estrutura ecomorfológica das assembleias mostradas.

Palavras-chave: Ecomorfologia; ictiofauna; rios temporários; semiárido.

ABSTRACT

Ecomorphology studies the environmental factors influence in the organisms morphology. According to the ecomorphological paradigm, it is possible to infer environmental features and resources using morphological characters. Therefore, fish samplings were performed in mountain streams of Araripe, Ibiapaba, Ubajara National Park and its nearby areas to test ecomorphological structure assemblage evaluation and comparison. 31 measurements were made in each specimen and then converted in 22 morphometrical index used in statistical analysis. Stomach content analysis using volumetric feeding index were made to determine the different trophic guilds. To verify the null hypothesis the Mantel test was used and multivariate analysis (PCA and CDA) were made to compare the studied regions. 23 species were captured, and only 18 were used on statistical analysis. The Mantel test resulted in significant relationships to morphology and phylogeny, and the Partial Mantel Test showed that diet influenced body morphology if the phylogeny effect is not considered. The PCA resulted in three significant axes (48% explained variation) and the formed groups were directly related to phylogeny (habit and body compression). The CDA presented three well-defined groups (Araripe x Ibiapaba x PNU and ZPNU), possibly related to environment preservation, geological formation and anthropic influence, with over 90% of explained variation. The ecomorphology, in this case, was not a good environment preservation indicator of the evaluated conservation unit, and other methods or indicators might be more effective in these kind of approach. Another studies related to habitat influence, and convergence/divergence can clarify the studied assemblages' ecomorphology structure.

Keywords: Ecomorphology; ichthyofauna; temporary streams; semiarid.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Perguntas	15
1.2	Hipótese	15
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1	Área de estudo	16
3.2	Amostragem	18
3.3	Morfometria	19
3.4	Análise trófica	19
3.5	Análises estatísticas	20
4	RESULTADOS	22
4.1	Amostragem	22
4.2	Análises estatísticas	24
4.2.1	Teste de Mantel	24
4.2.2	Análise de Componentes Principais	24
4.2.3	Análise Discriminante Canônica	28
5	DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A ecomorfologia envolve a análise das relações entre a forma do corpo e fatores ambientais e suas implicações nos indivíduos, populações, guildas e assembleias (PERES-NETO, 1999; PAGOTTO *et al.*, 2011). Essas inferências baseiam-se no paradigma ecomorfológico, no qual as diferenças morfológicas entre os indivíduos são resultado de pressões seletivas do meio (WINEMILLER, 1991; CASSATI & CASTRO, 2006; PAGOTTO *et al.*, 2011). As performances de um indivíduo no ambiente, ou seja, a habilidade deste em realizar um processo ecológico ou comportamental, estariam diretamente relacionadas aos seus caracteres morfológicos (WINEMILLER, 1991; PERES-NETO, 1999; TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O termo ecomorfologia foi cunhado por Karr e James (1975) e após isso, outros estudos com respostas relacionadas a características fenotípicas começaram a ser utilizados para resolver questões de nicho e competição, entre outros conceitos ecológicos (WATSON & BALON, 1984; WINEMILLER, 1991; BREDA *et al.*, 2005).

As relações entre as variáveis morfológicas, dieta e habitat de assembleias de peixes têm sido alvo de estudos sob diferentes perspectivas e hipóteses. Os resultados desses testes não mostraram um padrão geral para assembleias de peixes tropicais e temperados, apesar de mostrarem fortes relações entre a função de algumas partes do corpo e variáveis ambientais (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Alguns autores acreditam que a análise da morfologia pode ser usada para prever o uso de recursos no ambiente (PAGOTTO *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2010; PAGOTTO *et al.*, 2009; CASSATI & CASTRO, 2006), ou seja, é importante para compreensão do funcionamento da assembleia como um todo. Os estudos relacionados a esse assunto no Brasil iniciaram-se na década de 90 e foram feitos principalmente em comunidades de peixes de água doce (BEAUMORD & PETRERE, 1994; GOMES *et al.*, 2003; CASSATI & CASTRO, 2006; PIORSKI *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2010). Entretanto, não é possível analisar corretamente as correlações sem uma perspectiva filogenética adequada das espécies que se encontram em determinado habitat, pois as variações corporais encontradas podem ser simplesmente reflexo de uma proximidade taxonômica (PERES-NETO, 1999; WINEMILLER, 1991).

As espécies de peixes de água doce encontradas no bioma caatinga representam a especiação vicariante que ocorreu, provavelmente resultante de transgressões marinhas, expansões do clima semiárido e reordenações em redes de drenagem (ROSA *et al.*, 2003). Como exemplo de habitats desse bioma, estão os brejos de altitude, que são áreas de refúgio de flora e fauna, que sofreram isolamento geográfico durante o Pleistoceno e o Plioceno inferior (ANDRADE-LIMA, 1981). Rosa *et al.* (2003) registraram no bioma caatinga 240 espécies de peixes, com um índice de endemismo de 57% e, mais recentemente, LIMA *et al.* (2017), avaliaram uma riqueza de 386 espécies de peixes, sendo 371 nativos, 15 introduzidos e 53% endêmicos para este bioma.

Levantamentos da ictiofauna da caatinga, catalogação e identificação dos grupos de peixes representados nesse bioma são incompletos (ATTAYDE *et al.*, 2007; ROSA *et al.*, 2003; LIMA *et al.* 2017), mesmo com um alto índice de endemismo mostrado. Dentro desse bioma, existem brejos de altitude, que são um ecossistema único e pouquíssimo estudado

(RODRIGUES-FILHO, *et al.*, 2018). Além disso, a abundância e composição de espécies parecem sofrer alterações ano a ano devido à sazonalidade do clima, que permite o processo inundação-estiagem (MEDEIROS & MALTCHIK, 2001). Considerando que em ambientes tropicais as mudanças térmicas são pouco perceptíveis, existiria maior influência da precipitação e dessas inundações (LOWE-McCONNELL, 1987). Com isso, a estrutura da assembleia apresentaria extensas modificações de acordo com a sazonalidade, modificando sua composição e diversidade biológica, sendo esta menor nos períodos de seca (MALTCHIK *et al.*, 1999; RODRIGUES-FILHO, 2020).

A ictiofauna é um componente biótico muitas vezes essencial para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Os peixes de riachos apresentam grande especialização morfológica e fisiológica para suportar amplas variações sazonais e explorar os recursos de forma eficiente (MEDEIROS & MALTCHIK, 2001), existindo assim, uma íntima relação entre sua forma, estrutura corporal, fisiologia e o ambiente nos quais eles vivem (SOUZA & BARRELA, 2009; LOWE-McCONNELL, 1999). Além disso, esses corpos d'água têm recebido uma maior atenção devido a sua maior vulnerabilidade à degradação devido a atividades humanas e também por serem importantes no estoque de água para áreas rurais e urbanas (BARILI *et al.*, 2011). Peixes de riachos geralmente possuem menor tamanho e um alto índice de endemismo (GARCIA *et al.*, 2021). Estudos que contemplem e analisem essas relações possibilitam uma maior compreensão do comportamento e ecologia desses indivíduos e sua influência nos ambientes aquáticos (PAGOTTO *et al.*, 2009).

Estudos em ecomorfologia procuram estabelecer relações de forma do corpo (morfologia), as condições ambientais e utilização de recursos pelos organismos (ecologia), ou seja, as relações entre a morfologia dos organismos (fenótipo) e seu ambiente (PERES-NETO, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2010; EVANS, *et al.* 2019). Estas relações entre ecologia e morfologia são originadas a partir de respostas adaptativas a pressões seletivas do ambiente. Assim, nas assembleias de organismos definidos como grupo de espécies filogeneticamente relacionadas (do mesmo nível taxonômico) e que coexistem em um habitat comum (p. ex. fundo e/ou áreas litorâneas de um riacho), as dimensões do nicho n-dimensional descritas por Hutchinson (1959) estariam ocupados por indivíduos com padrões similares no uso de recursos. Por sua vez, estes padrões afetariam o número de espécies que podem coexistir e que dependem de suas interações e parâmetros ambientais (JACKSON *et al.*, 2001). Segundo Schoerner (1974), nos ambientes onde os nichos estão separados em n-dimensões não existe aleatoriedade na utilização de recursos pelas espécies e

os padrões de variação de recursos podem ser visualizados pelas variações na morfologia das espécies. De fato, múltiplos estudos têm mostrado um padrão de organização das assembleias baseado na ecomorfologia (WATSON & BALON, 1984; WINEMILLER, 1991; CASSATI & CASTRO, 2006; CUNICO & AGOSTINHO, 2006; PAGOTTO *et al.*, 2009). Assim, assembleias com maior riqueza de espécies podem conter maior variedade de recursos e de nichos disponíveis, com as espécies utilizando-se destes em variadas proporções e grau de sobreposição, o que permite coexistências (RICKLEFS, 1987; JACKSON *et al.*, 2001; HOEINGHAUS *et al.*, 2007; PAGOTTO *et al.*, 2009; OLIVEIRA, 2005; PERES-NETO, 1995).

Levando em consideração que fatores abióticos possuem maior influência na estrutura das assembleias de riachos, em função da dependência destes ecossistemas de processos alóctones (VANNOTE *et al.*, 1980), uma maior riqueza de variações morfológicas é esperada em ambientes com menor grau de distúrbios naturais e antrópicos, por estes terem maior heterogeneidade ambiental, recursos disponíveis mais variados, favorecendo uma maior possibilidade de partição destes recursos. Consequentemente, isso permite a coexistência de um número maior de espécies. Em contraste, ambientes com maior grau de distúrbios ou com ampla influência antrópica, na maioria dos casos apresentam condições extremas com poucas espécies adaptadas, normalmente com menor variedade de morfotipos e alta dominância de umas poucas espécies, assembleias ou guildas que conseguem sobreviver com os recursos disponíveis (ODUM & BARRETT, 2006).

Neste estudo, coletamos organismos de peixes em diferentes habitats (vegetação marginal, substratos do fundo, zona hiporreica ou de remansos) de ecossistemas lóticos nas serras de Araripe e Ibiapaba, dentro do Parque Nacional de Ubajara (PNU) e em sua área de entorno (ZPNU). Nestas assembleias foram avaliadas características fenotípicas desses organismos. Estas características já avaliadas em outros estudos (KEAST & WEBB, 1966; BREDA *et al.*, 2005), denominadas de *design* morfológico, estão relacionadas principalmente à forma e altura do corpo, dimensões e altura da boca, altura da nadadeira caudal em relação à área (no caso dos peixes), tamanho dos tratos digestórios, tamanho da cabeça, área do olho e grau de compressão dorsoventral. Estes atributos permitem inferir que a morfologia pode restringir os recursos a serem utilizados pelos organismos (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Da mesma forma, com auxílio da literatura disponível foram realizadas relações ecomorfológicas positivas e negativas dos hábitos alimentares, tamanhos das presas, velocidade do fluxo de

água e disposição na coluna d'água. Assim, as variáveis morfológicas analisadas constituem indicadores apropriados da estrutura das assembleias dentro e fora da unidade de conservação.

São escassas informações sobre as espécies de peixes de riachos do semiárido brasileiro, tanto na perspectiva taxonômica como funcional das assembleias. A análise ecomorfológica, descrita neste estudo, fornece informações valiosas sobre o funcionamento desses corpos d'água e como eles são influenciados pelas populações humanas em seu entorno. Outro fator importante é que esses riachos fazem parte de bacias hidrográficas maiores que abastecem as regiões circunvizinhas às serras. Influências antrópicas, tais como a transposição do rio São Francisco poderiam, no futuro, causar alterações nesses ambientes, fazendo com que sua estrutura das assembleias sofra modificações. Desta forma, espera-se que estudos como este forneçam embasamento a planos de manejo tanto ecológico como pesqueiro para as regiões supracitadas.

1.1 Perguntas

- a) O paradigma ecomorfológico se aplica às assembleias de peixes de riachos do semiárido brasileiro, localizados nas serras de Araripe e Ibiapaba?
- b) Há variação ecomorfológica da ictiofauna entre as serras de Araripe, Ibiapaba e o Parque Nacional de Ubajara?
- c) Existem potenciais convergências ou divergências fenotípicas entre as assembleias de peixes das serras de Araripe, Ibiapaba e o Parque Nacional de Ubajara?
- d) Há variação entre as guildas tróficas e os grupos formados pela ecomorfologia ou pela similaridade filogenética da ictiofauna das serras de Araripe, Ibiapaba e o Parque Nacional de Ubajara?

1.2 Hipótese

Existem diferenças ecomorfológicas e taxonômicas entre a ictiofauna de Araripe e Ibiapaba (considerando o Parque Nacional de Ubajara e sua área de influência).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar características taxonômicas e morfológicas das assembleias de peixes de riachos de serras do Araripe, Ibiapaba, Parque Nacional de Ubajara e sua área de entorno.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar se o paradigma ecomorfológico explica as variações nas assembleias de peixes estudadas.
- b) Corroborar a existência de convergências e/ou divergências fenotípicas entre as espécies de peixes analisadas.
- c) Avaliar as relações entre os agrupamentos de guildas tróficas, os grupos ecomorfológicos e as espécies de peixes mais próximas filogeneticamente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Áreas de Estudo

No domínio climático do semiárido, que ocupa grande parte da região nordeste do Brasil, ocorrem serras e chapadas. Estas ocasionam as chamadas chuvas de montanhas ou chuvas orográficas que, associadas à menor temperatura, contribuem para que as áreas situadas no barlavento delas sejam mais úmidas que no restante da região semiárido circundante (RODAL *et al.*, 1998). Essas áreas são denominadas de serras úmidas ou brejos de altitude (FIGUEIREDO, 1997), e apresentam fisionomias florestais como matas úmidas e matas secas (BARBOSA *et al.*, 2004). Como exemplo desses brejos de altitude no estado do Ceará destacam-se as serras do Araripe e Ibiapaba. Nesta última está localizado o Parque Nacional de Ubajara, uma Unidade de Conservação, também parte do estudo do presente trabalho.

Esses brejos de altitude, por abrigarem uma cobertura vegetal de floresta úmida, tornam-se refúgios para a fauna umbrófila, abrigando espécies que não sobrevivem nas áreas mais secas da depressão sertaneja. Acredita-se que a composição biológica destas serras se deva em parte, à provável continuidade pretérita entre os biomas amazônico e atlântico que ocupavam pelo menos parte da área onde hoje encontramos a caatinga. A mata úmida provavelmente desapareceu devido a mudanças climáticas que levaram à regressão das florestas, que permaneceram apenas nos locais que constituem as serras (COIMBRA-FILHO & CÂMARA, 1996). Entretanto, estudos mostram que as assembleias de peixes dos locais

estudados possuem diversidade similar devido ao histórico da região (RODRIGUES-FILHO, 2018).

A serra de Araripe localiza-se no extremo sul do estado do Ceará, entre as bacias hidrográficas dos rios Salgado e São Francisco, próximo à fronteira com Pernambuco e Paraíba. Já a Serra de Ibiapaba localiza-se a noroeste do Estado e é banhada primordialmente pelo Rio Coreáú (Figura 1). Por terem um clima diferenciado da região semiárida que as envolve, os riachos das serras funcionam como zonas de refúgio às espécies de peixes (ROSA *et al.*, 2003) com precipitações variando de 900 a 1000 mm, em média, e com flutuações principais nos cinco primeiros meses do ano (SILVA *et al.*, 2004). O Parque Nacional de Ubajara encontra-se dentro da serra de Ibiapaba e é uma zona de preservação permanente, apresentando condições bióticas e abióticas distintas na região devido à menor influência antrópica. Na tabela 1, são apresentadas características de 18 riachos onde foram coletados os peixes nas serras do Araripe e Ibiapaba e Parque Nacional de Ubajara.

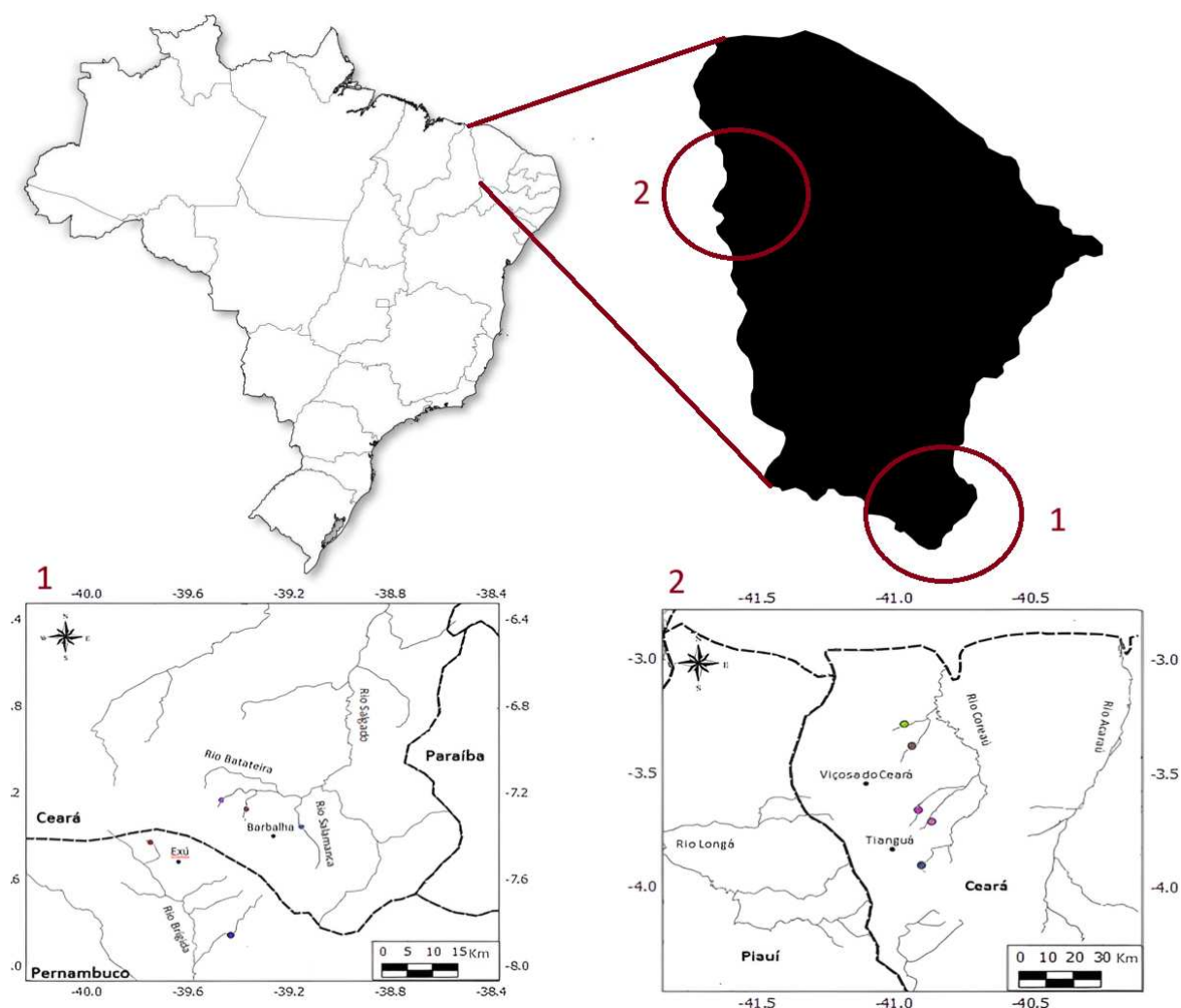


Figura 1 – Regiões onde foram realizadas as coletas de peixes, com destaque para a serra do Araripe (1) e a serra de Ibiapaba (2), onde fica localizado o Parque Nacional de Ubajara (PNU) e a área de entorno ZPNU.

Tabela 1. Riachos onde foram realizadas as amostragens de peixes, por região, com respectiva ordem e coordenadas geográficas aproximadas no sistema UTM.

Região	Riachos	Ordem	Coordenadas	
ARARIPE	Bataeira	2	7°48'19''S; 39°20'16''W	
	Constantino	2	7°16'01''S; 39°23'36''W	
	Currais	2	7°16'18''S; 39°23'20''W	
	Salamanca	3	7°19'41''S; 39°21'26''W	
	São José	2	7°28'33''S; 39°44'27''W	
IBIAPABA	Rasgada	2	3°40'17''S; 40°53'44''W	
	Tamundé	2	3°52'0.6''S; 40°51'01'' W	
	Da Serra	2	3°42'9.5''S; 40°51'53.2''W	
	Passagem	2	3°21.5'48''S; 41°5.4'44''W	
	Pitimbú	2	3°15'8.38''S; 41°7'9.23''W	
Parque Nacional de Ubajara	Miranda	1	3°50.4'S; 40° 54'78''W	
	Gameleira	1	3°50'4'42''S; 40° 54,29.98''W	
	Das Minas	2	3°50'67''S; 40°54'30.8''W	
	Ubajara	3	3°49'32''S; 40°53'30''W	
	Cafundó	2	4°0'0''S; 40°39'22.5''W	
	ZPNU	Gavião	1	3°49,8'00''S; 40° 54,7''W
		Murimbeca	1	3°48.8'00''S; 40° 54' 6.25''W
		Ubajara	2	3°49'2.56''S; 40°53'3.22''W
		Cafundó	2	3°50'16,9''S; 40°54'46,7''W
		Murimbeca 2	2	3°49'0.58''S; 40°54'27,7''W

3.2 Amostragem

Inicialmente, os riachos nos quais foram realizadas as coletas de peixes foram determinados por suas coordenadas geográficas obtidas em mapas ou pelo conhecimento de pessoas da região. Ao chegar no local, um trecho de 50m do corpo d'água era delimitado, e as coletas de peixes realizadas apenas dentro dessa área, utilizando diferentes aparelhos de acordo com os habitats disponíveis.

Em todos os riachos, e de forma padronizada durante uma hora, amostragens de peixes foram realizadas com técnicas de captura ativa, utilizando diversos apetrechos, tais como: peneira (0,7 m² e malha de 1 mm entre nós opostos), tarrafa (5,3 m² e malha de 14 mm entre nós opostos), redes de arrasto (1,3 m² e malha de 2 mm entre nós opostos) e o método *kikin*. Essa última consistiu em perturbar determinada localidade com os pés e as mãos para que os indivíduos aderidos ao substrato (cascalho ou areia) fossem levados pela correnteza e capturados posteriormente com a rede de arrasto (de aproximadamente 1 m²) posicionada a jusante. A peneira foi introduzida sob a vegetação marginal, a fim de capturar espécimes que habitassem rente à margem do riacho. A tarrafa foi lançada em poças com maior profundidade, e a rede de arrasto em áreas abertas, em sentidos vertical e horizontal do corpo d'água. O número de localidades amostradas dependeu da quantidade de habitats disponíveis. As amostragens foram feitas apenas uma vez em cada trecho do riacho (Tabela 1).

Após serem coletados, os peixes anestesiados, fixados em formol 10%, separados por técnica e local de coleta. Posteriormente, os espécimes foram armazenados em álcool 70%, e identificados com auxílio de chaves taxonômicas especializadas para peixes do Brasil.

3.3 Morfometria

Para a avaliação ecomorfológica, no Laboratório de Ecologia Aquática e Conservação da Universidade Federal do Ceará (LEAC – UFC), seguiu-se a metodologia proposta por Oliveira (2010), com a estimativa de 31 variáveis morfométricas, sendo dessas 25 lineares e seis de áreas. Essa proposta utiliza-se de medições de tronco, olhos, nadadeiras, cabeça e boca para inferências na biologia funcional. Como são utilizadas relações (taxas) entre medidas corporais, as diferenças de tamanho não influenciam nos resultados obtidos. Para a medição das lineares foi usado um paquímetro digital (em mm), enquanto para a medição das áreas foram obtidas fotografias e posteriormente calculadas no *software* gratuito AxioVision 4.1 a partir dos desenhos de seu perímetro. Somente foram medidos espécimes adultos para evitar influência das mudanças ontogenéticas nos dados. Nas avaliações ecomorfológicas foram utilizados 15 indivíduos adultos por espécie (para aquelas que não possuíam esse número, foi utilizado o máximo de espécimes possível). Todas as medições foram feitas no lado esquerdo dos espécimes para a maior padronização possível. Espécies com um ou dois indivíduos não foram consideradas nos estudos ecomorfológicos, porém foram citadas no conjunto total da riqueza local.

As medidas foram utilizadas em 22 índices morfométricos para estabelecer relação entre as medições e seu papel ecomorfológico (Tabela 2). Os índices calculados foram (siglas em inglês): índice de compressão (CI), índice de depressão (DI), comprimento relativo do pedúnculo caudal (RHPd), largura relativa do pedúnculo caudal (RWPd), altura relativa do pedúnculo caudal (RHPd), comprimento relativo da cabeça (RLHd), altura relativa da cabeça (RHHd), largura relativa da cabeça (RWHd), altura relativa da boca (RHM), largura relativa da boca (RWM), posição do olho (EP), área relativa do olho (RAE), área relativa da nadadeira dorsal (RAD), área relativa da nadadeira caudal (RAC), razão-aspecto da nadadeira caudal (ARC), área relativa da nadadeira anal (RAA), razão-aspecto da nadadeira anal (ARA), área relativa da nadadeira peitoral (RAPt), razão-aspecto da nadadeira peitoral (ARPt), área relativa da nadadeira pélvica (RAPv) e razão-aspecto da nadadeira pélvica (ARPv). Os índices foram utilizados nas análises estatísticas do referido estudo.

3.4 Análise trófica

Para a determinação da guilda trófica dos peixes, no LEAC-UFC, foram feitas análises de conteúdo estomacal de um mínimo de cinco estômagos por espécie e região (Araripe, Ibiapaba, PNU e ZPNU) e calculado o índice alimentar (I_{ai}), baseado no volume (V_i) e frequência de ocorrência (FO_i). Esse índice é determinado pela equação $I_{ai} = FO_i \times V_i / \sum FO_i \times V_i$ e varia entre zero e um ($1 \geq I_{ai} \geq 0$), onde i é o item alimentar (de 1 a n), FO_i é a frequência de ocorrência (%) do item i , e V_i é o volume (%) do item i . O volume do item (mm^3) foi apurado por contagem em uma câmara de Sedgwick-Rafter, sob um estereoscópio e/ou um microscópio óptico.

As guildas foram determinadas de acordo com a contribuição relativa de cada item alimentar examinado, o que resultou no agrupamento das espécies de peixe, como insetívoros, carnívoros e assim por diante (mais de 70% do item encontrado no estômago). Peixes com padrões diferentes foram classificados como onívoros.

Tabela 2. Descrição dos índices ecomorfológicos utilizados e a relação com as explicações ecomorfológicas (Fonte: OLIVEIRA, 2010, adaptado).

Índices Ecomorfológicos

Índice	Fórmula	Descrição
Índice de compressão	$IC = AIMCp/LMCp$	Altos valores indicam compressão lateral do peixe, o que é esperado em peixes que ocupam habitats com baixa velocidade da água (Gatz, 1979; Watson & Balon, 1984; Balon <i>et al.</i> , 1986).
Índice de depressão	$ID = AILI/AIMCp$	Baixos valores estão associados a peixes que exploram habitats com fluxo de água rápido, pois o corpo deprimido e colado ao substrato diminui as forças hidrostáticas que tendem a arrastar os indivíduos (Watson & Balon, 1984).
Comprimento relativo do pedúnculo caudal	$CRPd = CPd/CP$	Peixes com pedúnculos caudais longos são bons nadadores. Entretanto, peixes adaptados a fluxos de águas rápidas como os cascudos apresentam pedúnculos caudais longos em função da necessidade de arranques em curtos deslocamentos (Watson & Balon, 1984).
Altura relativa do pedúnculo caudal	$AIRPd = AIPd/AIMCp$	Baixos valores indicam alta manobrabilidade (Winemiller, 1991; Willis <i>et al.</i> , 2005).
Largura relativa do pedúnculo caudal	$LRPd = LPd/LMCp$	Altos valores indicam nadadores contínuos (Winemiller, 1991; Willis <i>et al.</i> , 2005).
Posição do olho	$PO = AIO/AICb$	Valores elevados indicam peixes bentônicos (olhos localizados dorsalmente), enquanto que baixos valores indicam peixes nectônicos (olhos laterais) (Gatz, 1979; Beaumord & Petrere, 1994).
Área relativa do olho	$ARO = AO/(CP)^2$	Pode indicar o posicionamento relativo na coluna d'água, na medida em que as espécies que habitam áreas profundas apresentam olhos menores (Gatz, 1979)
Área relativa da nadadeira dorsal	$ARD = AD/(CP)^2$	Áreas maiores apresentam maior capacidade de estabilização em guinadas (Gosline, 1971)
Área relativa da nadadeira caudal	$ARC = AC/(CP)^2$	Áreas relativas maiores da caudal são importantes para a aceleração (Balon <i>et al.</i> , 1986)
Razão-aspecto da nadadeira caudal	$RAC = (AIC)^2/AC$	Valores maiores indicam peixes nadadores ativos e contínuos, os quais apresentam tendência a bifurcações da caudal e redução de sua área (Gatz, 1979; Balon <i>et al.</i> , 1986)
Área relativa da nadadeira anal	$ARA = AA/(CP)^2$	Área relativa maior implica em maior manobrabilidade e estabilização do movimento (Breda, 2005).
Razão-aspecto da nadadeira anal	$RAA = (CA)^2/AA$	Maiores valores indicam capacidade de realizar movimentos progressivos e retrógrados mais rápidos (Breda, 2005)
Área relativa da nadadeira peitoral	$ARPt = APt/(CP)^2$	Áreas relativamente maiores da peitoral são encontradas em espécies de natação lenta, as quais utilizam para a manobrabilidade (p. ec. Ciclídeos) (Watson & Balon, 1984; Balon <i>et al.</i> , 1986)
Razão-aspecto da nadadeira peitoral	$RAPt = (CPT)^2/Apt$	Altos valores indicam nadadeira peitoral longa e estreita, a qual é esperada em espécies que nadam continuamente e atingem alta velocidade (Bellwood <i>et al.</i> , 2002).
Área relativa da nadadeira pélvica	$ARPv = Apv/(CP)^2$	Áreas relativas maiores da pélvica são encontrados em peixes bentônicos em relação a áreas menores que são encontrados em peixes pelágicos (Breda, 2005).

Razão-aspecto da nadadeira pélvica	$RAPv = (CPv)^2 / Apv$	Maiores valores são encontrados em peixes pelágicos e estão relacionados com a capacidade de equilíbrio. Valores baixos são associados a peixes que preferem habitats rochosos, com a função de apoio ao substrato (Gatz, 1979).
------------------------------------	------------------------	--

3.5 Análises estatísticas

Foi aplicado o teste de Mantel total (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998) para verificação da hipótese nula de que os caracteres morfológicos dos peixes das serras de Araripe, Ibiapaba, PNU e ZPNU não estariam relacionados com fatores filogenéticos e tróficos. Para a realização desse teste foram correlacionadas as matrizes de distâncias morfológicas e as matrizes modelo de estruturas tróficas e filogenéticas, através das médias das distâncias Euclidianas entre os índices (não padronizados) de cada par de espécies. Já a matriz modelo da parte trófica foi obtida através da atribuição de valores de presença-ausência, sendo 1 para espécies com a mesma guilda trófica e 0 para espécies de guildas diferentes (OLIVEIRA *et al.*, 2010). As classificações das guildas de cada espécie de peixe foram oriundas das análises de conteúdo estomacal realizadas no LEAC – UFC.

Para a construção da matriz modelo de filogenia foi feita uma padronização, na qual os valores eram dados de acordo com a proximidade na árvore filogenética. Para espécies do mesmo gênero foi atribuído o valor 1, para mesma família 2, mesma ordem 3 e de diferentes ordens, o valor 4. Com essa matriz, foi possível realizar um teste de Mantel Parcial, que mostra a correlação parcial entre duas matrizes e seu efeito em uma terceira. Esta análise, realizada com o auxílio do *software* Past (HAMMER *et al.*, 2009), avaliou o efeito das características tróficas sobre a morfologia sem os efeitos da filogenia das espécies de peixes (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A Análise de Componentes Principais (PCA, sigla em inglês), foi usada para avaliar tendências nas variações interespecíficas dentro do espaço multivariado. O *software* utilizado foi o PCORD 4.1 (OLIVEIRA *et al.*, 2010), com os 22 índices calculados a partir das 31 variáveis medidas, de acordo com as fórmulas da tabela 2. Essa análise também procurou avaliar potenciais padrões de diversificação no formato do corpo relacionado a recursos ambientais. A PCA serviu para reduzir o grande número de variáveis a dois ou mais eixos principais, indicando, caso existam, padrões de diversificação interespecíficos, aplicada a matriz de correlação de Pearson, formada pelos índices ecomorfológicos calculados. Os eixos

principais foram selecionados através do modelo de *broken-stick* (PAGOTTO *et al.*, 2011, OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A Análise Discriminante Canônica (CDA, sigla em inglês), diferencia-se da PCA somente por buscar os componentes que possuem uma maior influência em dados que já possuem grupos determinados *a priori*. Ou seja, a CDA acentua a diferença entre os grupos e pouco mostra as diferenças dentro de cada grupo. Os grupos definidos nesse estudo foram os locais amostrados, sendo esses divididos em quatro: Serra de Araripe, Serra de Ibiapaba, Parque Nacional de Ubajara (PNU) e sua zona de influência fora de seus limites (ZPNU). Essa análise foi realizada para verificar se existia uma diferença entre os padrões ecomorfológicos das regiões do estudo e a possibilidade de realizar predições das características ambientais e de recursos utilizados a partir desses padrões.

4. RESULTADOS

4.1 Amostragem

Nas assembleias de peixes estudadas foram coletadas 23 espécies, das quais 17 foram utilizadas nas análises ecomorfológicas, por terem um número de indivíduos de no mínimo quinze. As 17 espécies analisadas representaram 12 gêneros, 8 famílias e 4 ordens (Characiformes, Siluriformes, Perciformes e Cyprinodontiformes) (Tabela 3), distribuídos em cinco guildas tróficas (Tabela 4).

Tabela 3. Espécies de peixes coletadas e utilizadas nas análises ecomorfológicas nos riachos das serras de Araripe, Ibiapaba, PNU e ZPNU.

Táxon	Número de Voucher
Characiformes	
Characidae	
<i>Astyanax</i> aff. <i>bimaculatus</i> (Linnaeus, 1758)	UFRN 1890
	UFRN 1879
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	UFRN 2511
	UFRN 1877
<i>Phenacogaster calverti</i> (Fowler, 1941)	UFRN 1876
<i>Serrapinnus heterodon</i> (Eigenmann, 1915)	UFRN 1889
<i>Serrapinnus piaba</i> (Lütken, 1875)	UFRN 1593
Crenuchidae	
<i>Characidium bimaculatum</i> (Fowler, 1941)	
Curimatidae	UFRN 0943

<i>Steindachnerina notonota</i> (Ribeiro, 1937)	UFRN 2512
Perciformes	
Cichlidae	
<i>Crenicichla menezesi</i> (Ploeg, 1991)	UFRN 1884
<i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger, 1897)	UFRN 1878
Siluriformes	
Callichthyidae	
<i>Aspidoras menezesi</i> (Nijssen & Isbrücker, 1976)	MZUSP 102917 UFRN 1294
<i>Aspidoras rochai</i> (Ihering, 1907)	UFRN 1472
<i>Aspidoras spilotos</i> (Nijssen & Isbrücker, 1976)	
Loricariidae	
<i>Parotocinclus cearensis</i> (Garavello, 1977)	UFRN 1476
<i>Parotocinclus</i> cf. <i>haroldoi</i> (Garavello, 1988)	UFRN 1468
Heptapteridae	
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	
Cyprinodontiformes	
Poeciliidae	
<i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859)	
<i>Poecilia</i> sp.	

As demais espécies, que não foram utilizadas nas análises ecomorfológicas, são: *Hoplias malabaricus* (Characiformes: Erythrinidae); *Synbranchus marmoratus* (Synbranchiformes: Synbranchidae); *Trachelyopterus galeatus*, (Siluriformes: Auchenipteridae), duas espécies do gênero *Hypostomus* sp. (Siluriformes: Loricariidae) e *Cichlasoma orientale* (Perciformes: Cichlidae).

Tabela 4. Espécies de peixes e suas guildas tróficas por cada região amostrada no presente estudo. Os traços indicam que a determinada espécie não foi coletada naquele local e/ou não foi coletada em número suficiente para ser considerada nas análises.

Espécie	Local			
	Araripe	Ibiapaba	PNU	ZPNU
<i>Aspidoras rochai</i>	Algívoro	-	-	-
<i>Aspidoras spilotos</i>	-	-	Insetívoro	Insetívoro
<i>Aspidoras menezesi</i>	Insetívoro	-	-	-
<i>Astyanax</i> aff. <i>bimaculatus</i>	Onívoro (Onív)	Onívoro	Invertívoro	-
<i>Astyanax fasciatus</i>	Insetívoro	Onívoro	-	-

<i>Characidium bimaculatum</i>	Insetívoro	Insetívoro	-	-
<i>Crenicichla menezesi</i>	-	Carnívoro	-	-
<i>Parotocinclus cearensis</i>	Detritívoro	Detritívoro	-	-
<i>Parotocinclus haroldoi</i>	-	Detritívoro	-	-
<i>Poecilia reticulata</i>	Insetívoro	Insetívoro	Insetívoro	Detritívoro
<i>Poecilia sp.</i>	-	Insetívoro	-	-
<i>Phenacogaster calverti</i>	-	Insetívoro	-	-
<i>Rhamdia quelen</i>	Onív/Carnívoro	-	-	-
<i>Serrapinnus heterodon</i>	Insetívoro	Algívoro	-	-
<i>Serrapinnus piaba</i>	-	Algívoro	-	-
<i>Steindachnerina notonota</i>	Detritívoro	Detritívoro	-	-
<i>Tilapia rendalli</i>	Insetívoro	-	-	-

4.2 Análises estatísticas

4.2.1 Teste de Mantel

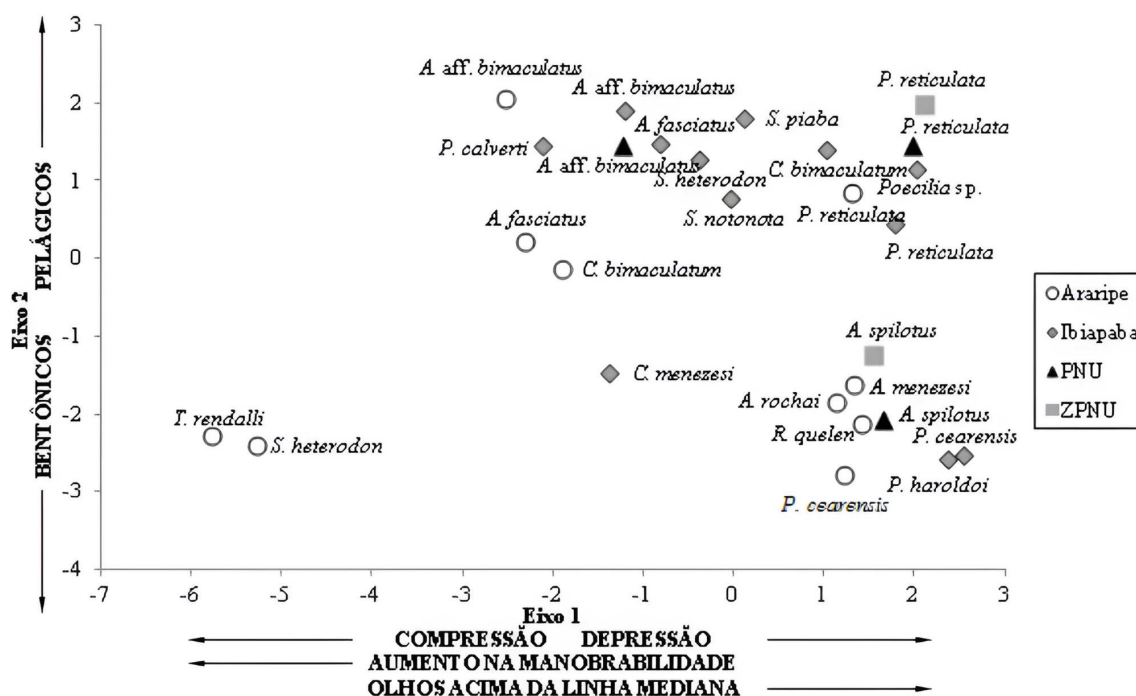
O teste de Mantel total mostrou relações significativas entre a filogenia e a ecomorfologia da assembleia de peixes ($p = 0,05$), porém não foi encontrada significância no que tange a parte trófica e a ecomorfologia ($p = 0,24$). Quando foi retirada a influência da filogenia, no teste de Mantel parcial, contudo, a influência trófica foi considerada significativa ($p = 0,05$). Isso mostra que, nas assembleias estudadas, o formato do corpo dos peixes pode ser usado para se realizar previsões em sua dieta, quando a influência da filogenia for desconsiderada.

4.2.2 Análise de Componentes Principais

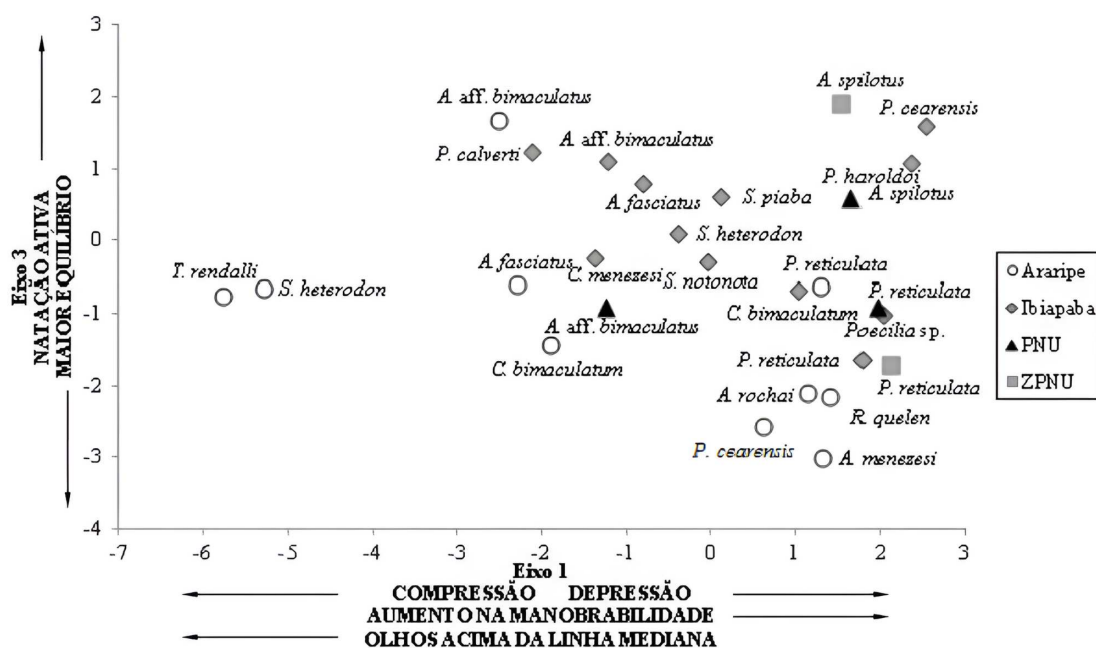
A análise de componentes principais (PCA) resultou em três eixos significativos, de acordo com o modelo de *broken-stick*, representando 48% de variação. A partir da plotagem desses eixos significativos da PCA, foi possível produzir uma figura do espaço ecomorfológico, onde as espécies se distribuíram de acordo com sua similaridade ecomorfológica (Figura 2: a, b e c). As espécies da região do Araripe foram as que tiveram maior distribuição dentro do espaço, mostrando uma maior variabilidade de ecomorfotipos dentro desse ambiente. Na figura 2 “b” houve um maior agrupamento dos dados, especialmente em Ibiapaba e PNU, enquanto que em na Figura 2 “c” houve uma maior distância entre todos os pontos.

Os coeficientes de correlação de Pearson resultantes da PCA, assim como os autovalores, variações e a comparação com os autovalores de *broken-stick* estão mostrados na Tabela 4. As setas indicam a tendência de apresentarem as características avaliadas, de acordo com as relações índice-características (Tabela 2).

(a)



(b)



(c)

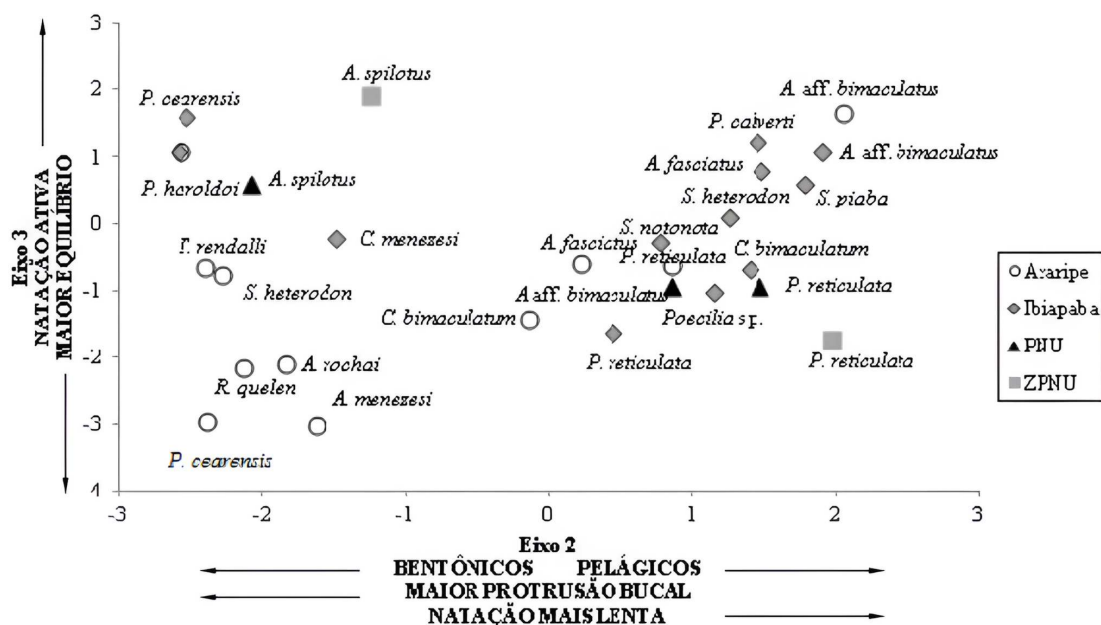


Figura 2. Distribuição dos centróides dos escores obtidos dos eixos da análise de componentes principais (PCA) das 17 espécies de peixes, a partir da matriz de correlação de Pearson formada pelos 22 índices observados. (a) representa o primeiro e o segundo eixos; (b) o primeiro e o terceiro eixos; e (c) o segundo e o terceiros. Cada marcador representa o local onde a espécie foi amostrada.

O primeiro eixo explicou 23% da variação encontrada e as espécies com escores positivos apresentaram um formato mais deprimido, com pedúnculos caudais mais longos e maiores, e olhos mais próximos ao topo da cabeça. As espécies que apareceram nesse lado do eixo em (a), foram os Siluriformes em sua maioria, tais como os gêneros *Aspidoras*, *Parotocinclus*, *Rhamdia quelen* e os Cyprinodontiformes, como o gênero *Poecilia*.

Já as espécies com escores negativos mostraram um corpo mais comprimido lateralmente, com uma largura bucal maior e com capacidade de manobrabilidade e estabilização de movimento. Como mostrado na figura 2 “a”, a maioria dos Characiformes, tais como o gênero *Astyanax*, *Serrapinnus*, *Characidium bimaculatum* e *Steindachnerina notonota* tenderam a essas características, como peixes pelágicos, além do *Crenicichla menezesi*, um ciclídeo. O outro ciclídeo, *Tilapia rendalli*, aparece juntamente com um *Serrapinnus heterodon* no extremo do eixo. Na figura 2 “b”, apesar de um maior agrupamento dos pontos (devido aos outliers de *T. rendalli* e *S. heterodon* de Araripe), ainda é possível observar um padrão similar de separação Characiformes/Perciformes x Siluriformes/Cyprinodontiformes.

O segundo eixo explicou 15% da variação encontrada, as espécies do lado positivo apresentaram uma maior manobrabilidade e estabilização de movimento, um maior índice de

protrusão bucal (alimentam-se de presas menores) e com um equilíbrio maior (peixes pelágicos). As espécies presentes nesse eixo pertencem às ordens Characiformes e Cyprinodontiformes, que normalmente permanecem na coluna d'água. No quadrante negativo, as espécies mostraram cabeças com altura relativamente maior (alimentam-se de presas maiores), com natação lenta (nadadeiras peitorais usadas para manobrabilidade) e hábito bentônico. Obviamente, os peixes desse lado do eixo foram os Siluriformes e os ciclídeos presentes (*T. rendalli* e *C. menezesi*), apesar de um Characidae (*S. heterodon*) também estar presente (Figuras 2a e 2c).

Por fim, o terceiro eixo está relacionado a 10% da variação encontrada, e seus escores positivos estão relacionados à maior capacidade de estabilização em guinadas, sendo nadadores ativos e contínuos (tendência a bifurcação e redução da área da caudal) e maior manobrabilidade. Nessa região do espaço ecomorfológico, espécies de ordens diferentes são encontradas, tais como *Astyanax* aff. *bimaculatus*, *A. fasciatus* e *Serrapinnus piaba*, dos Characiformes e *Parotocinclus cearensis* e *Aspidoras spilotus* dos Siluriformes.

Já os componentes da parte negativa do terceiro eixo incluem aspecto da nadadeira pélvica, que está relacionado ao equilíbrio (peixes pelágicos); bons nadadores, graças a seus pedúnculos caudais longos; e se alimentam de presas maiores. Nesse grupo, somente *Aspidoras rochai* está presente dos Siluriformes, e inclui os Perciformes e Cyprinodontiformes, assim como o restante dos Characiformes.

Tabela 5. Valores dos escores de cada índice ecomorfológico relacionado aos eixos da Análise de Componentes Principais. Foram destacados os três maiores e os três menores valores de cada eixo, considerados os mais relevantes dentro da análise. Na base da tabela encontram-se os autovalores de cada eixo em comparação com os autovalores do método *Broken-stick*. Somente os três primeiros eixos apresentaram valores maiores que os mostrados ao acaso e, portanto, foram considerados nas análises.

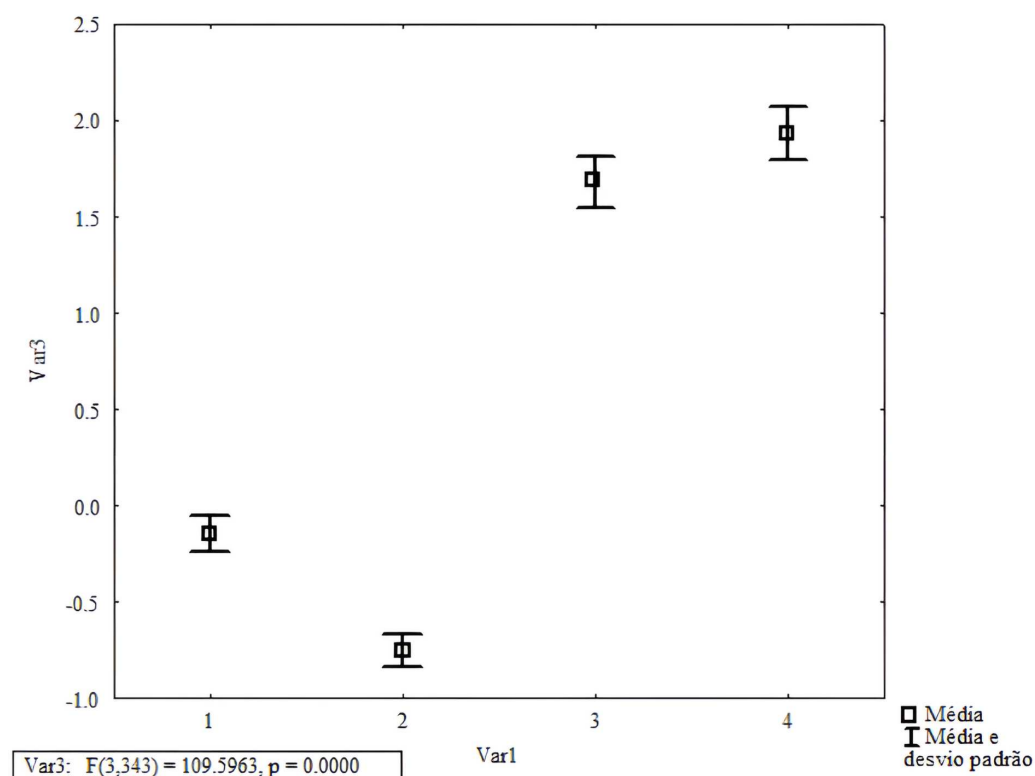
Índices Ecomorfológicos	Eixos		
	1	2	3
Índice de compressão	-0,3936	0,1375	-0,0873
Índice de depressão	0,0279	0,0705	0,0314
Comprimento relativo do pedúnculo caudal	0,1436	0,0547	-0,3489
Altura relativa do pedúnculo caudal	0,3134	-0,1954	-0,2424
Largura relativa do pedúnculo caudal	-0,2776	-0,1055	-0,2689
Comprimento relativo da cabeça	-0,1438	-0,2819	0,0081
Altura relativa da cabeça	0,0524	-0,4437	-0,0278
Largura relativa da cabeça	-0,2848	-0,1951	-0,3102
Altura relativa da boca	-0,1776	-0,1635	-0,0777
Largura relativa da boca	-0,3784	0,0264	-0,2189

Índice de protrusão	-0,27	0,1967	-0,0207
Posição do olho	0,1453	-0,0067	0,1689
Área relativa do olho	-0,3247	0,1639	-0,1226
Área relativa da dorsal	-0,1425	-0,1455	0,3957
Área relativa da caudal	0,114	0,0974	0,0315
Razão-aspecto da caudal	-0,1614	0,2189	0,3007
Área relativa da anal	-0,1657	0,2647	0,2842
Razão-aspecto da anal	-0,102	0,038	-0,0045
Área relativa da peitoral	-0,0714	-0,4004	0,0999
Razão-aspecto da peitoral	0,0417	-0,0048	0,2276
Área relativa da pélvica	-0,1997	-0,3985	0,1706
Razão-aspecto da pélvica	0,1605	0,2171	-0,3519
Autovalor	5,044	3,316	2,335
<i>Broken-Stick</i>	3,691	2,691	2,191
Varição mostrada (%)	22,928	15,074	10,613
Varição acumulada (%)	22,928	38,002	48,615

4.2.3 Análise Discriminante Canônica

A Análise Discriminante Canônica (CDA) avaliou as variações nos padrões de ecomorfotipos das diferentes regiões estudadas. A ANOVA, utilizando os valores dos eixos significativos da análise indicou uma diferença entre os padrões ecomorfológicos dos locais. Quando analisado o primeiro e o segundo eixo, Araripe diferiu de Ibiapaba e PNU, porém PNU não difere de ZPNU (Figura 3). No resultado da CDA, é possível verificar que os quatro grupos são satisfatoriamente correspondentes entre seus resultados observados e os esperados ((Figura 4; Tabela 6).

(a)



Figuras 3. ANOVA dos índices ecomorfológicos calculados, separados por local de amostragem, indicando diferenças significativas entre as regiões de Araripe (1), Ibiapaba (2) e semelhanças entre o PNU (3) e sua área de entorno ZPNU (4).

Tabela 6. Matriz de classificação das predições feitas pela CDA dos locais analisados nas serras do presente estudo.

Grupos observados	Araripe	Ibiapaba	PNU	ZPNU	Classificação correta (%)
Araripe	104	13	0	0	88,88889
Ibiapaba	8	135	10	2	87,09677
PNU	1	4	36	4	80,00000
ZPNU	0	4	2	24	80,00000
Total esperado	113	156	48	30	86,16714

A MANOVA indicou diferença significativa (Wilks' $\lambda = 0.1408$; $F_{66;962} = 13.592$; $p < 0.0000$) entre os quatro locais analisados. É possível perceber uma separação entre Araripe, Ibiapaba e PNU/ZPNU, de acordo com a ANOVA mostrada anteriormente.

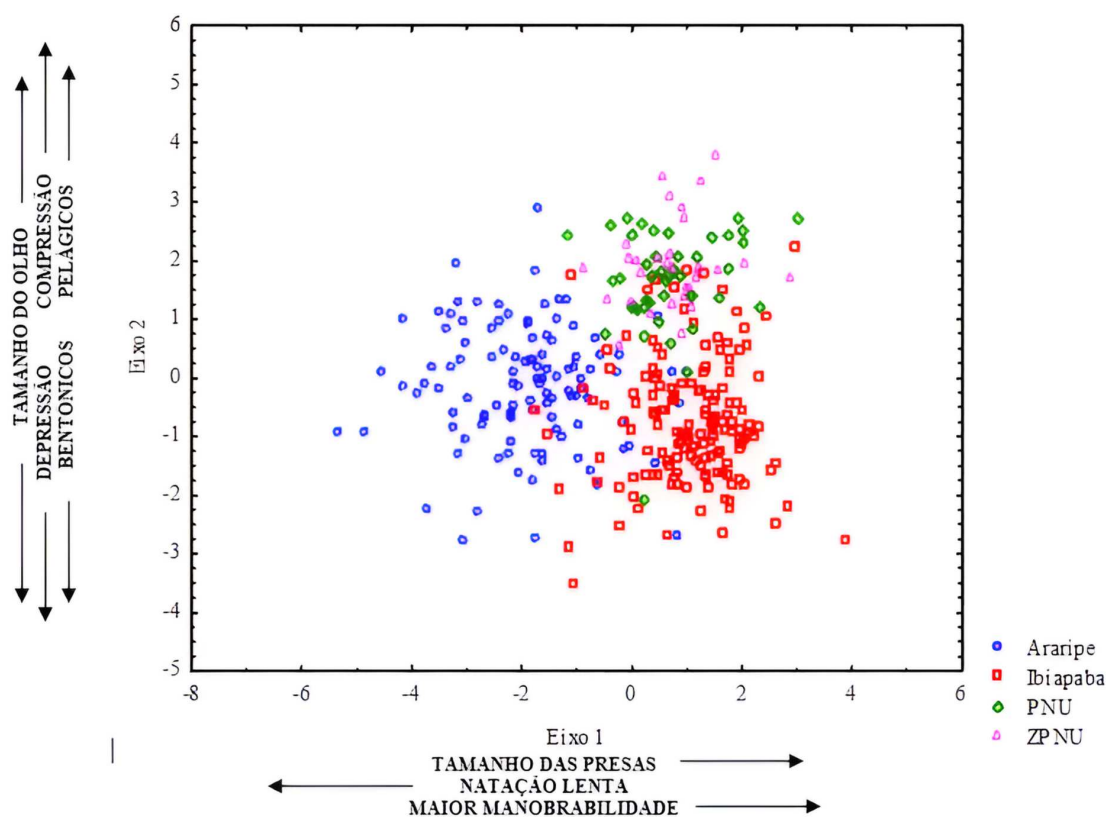


Figura 4. Análise Discriminante Canônica (CDA) feita com os índices ecomorfológicos calculados, mostrando as diferenças entre as regiões estudadas. Cada marcador representa o local onde a espécie foi amostrada. Araripe em azul, Ibiapaba em vermelho, PNU em verde e ZPNU em rosa. As setas indicam as tendências dentro do espaço ecomorfológico.

A maioria dos índices foi considerada significativa pela análise, mas foram escolhidos os três de maior e três de menor valor para serem considerados na análise, similarmente ao que foi feito na Análise de Componentes Principais (Tabela 7).

Tabela 7. Valores dos escores de cada índice ecomorfológico relacionado aos eixos da Análise Discriminante Canônica. Foram destacados os maiores e menores valores de cada eixo, considerados os mais relevantes dentro da análise. Na base da tabela encontram-se os autovalores de cada eixo. Somente os dois primeiros eixos apresentaram valores maiores que os mostrados ao acaso e portanto, foram considerados nas análises. Os índices marcados em itálico não foram significativos.

Índices Ecomorfológicos	Eixos	
	r 1	r 2
Índice de compressão	0,094418	-0,592326
Índice de depressão	0,302925	-0,509190
<i>Comprimento relativo do pedúnculo caudal</i>	<i>-0,106440</i>	<i>-0,080449</i>
Altura relativa do pedúnculo caudal	0,232683	-0,127831
Largura relativa do pedúnculo caudal	-0,182835	0,076472
Comprimento relativo da cabeça	-0,150998	-0,140375

<i>Altura relativa da cabeça</i>	0,237880	-0,104177	
Largura relativa da cabeça	-0,721948	0,623960	
Altura relativa da boca	-0,259708	-0,260052	
Largura relativa da boca	0,557924	0,040116	
Índice de protrusão	-0,804443	0,003687	
Posição do olho	0,313815	0,371137	
Área relativa do olho	0,058908	-0,377516	
Área relativa da dorsal	0,274390	-0,353994	
Área relativa da caudal	0,171037	0,319885	
Razão-aspecto da caudal	-0,288024	-0,063445	
Área relativa da anal	0,607003	0,622209	
Razão-aspecto da anal	0,373057	-0,147446	
Área relativa da peitoral	-0,494237	-0,253624	
Razão-aspecto da peitoral	-0,151075	0,425093	
Área relativa da pélvica	-0,080906	0,685682	
Razão-aspecto da pélvica	-0,077252	0,451878	
Autovalor	1,856325	0,958568	
Varição explicada	60,18	31,08	
Varição acumulada (%)	60,18	91,26	

O primeiro eixo da Análise Discriminante (CDA), explicando 60% da variação, esteve relacionado ao tamanho da cabeça, boca, manobrabilidade e velocidade na movimentação. Como visto na figura 4, houve uma clara separação entre Araripe e os outros locais, mostrando que esta primeira região tende a abrigar peixes com menor largura da cabeça e natação mais lenta. No lado oposto, que contém as outras três regiões, os peixes tendem a possuir bocas maiores e capacidade de natação mais rápida (Figura 4).

Já o segundo eixo (30% de variação) separou uma parte dos indivíduos da serra de Araripe e reorganizou o grupo PNU/ZPNU e Ibiapaba. Os índices que se destacaram foram os relacionados ao formato do corpo, área do olho e hábitos bentônicos ou pelágicos. Os dois eixos combinados explicaram 91% da variação encontrada, o que mostra que os caracteres ecomorfológicos podem ser usados para predição de ecomorfotipos das regiões estudadas (Figura 4).

5. DISCUSSÃO

A premissa fundamental da ecomorfologia é que as diferenças morfológicas existentes entre as espécies podem estar relacionadas a ação das pressões biológicas e ambientais sofridas (OLIVEIRA *et al.*, 2010; PIORSKI *et al.*, 2007; CASSATI & CASTRO, 2006; BREDA *et al.*, 2005; PERES-NETO, 1999). Se uma espécie consegue sobreviver em um ambiente, deduz-se que ela está razoavelmente adaptada ao meio, sendo este o reflexo de suas histórias evolutivas e pode-se testar se alguns atributos ecológicos podem ser inferidos a partir do formato de seu corpo (OLIVEIRA *et al.*, 2010; PAGOTTO *et al.*, 2009). Em peixes de riachos, isso é ainda mais visível, pois esses corpos d'água possuem uma heterogeneidade ambiental alta, fornecendo, portanto, pressões ambientais diferenciadas (BARILI *et al.*, 2011). Em alguns estudos, no entanto, não foi possível observar essas correlações, sendo necessário testar esse paradigma em diferentes regiões para que se possa utilizá-lo em previsões ecológicas para peixes (TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007). Nas assembleias de peixes de riachos analisados nas serras de Araripe, serra de Ibiapaba e no Parque Nacional de Ubajara e seu entorno, este estudo confirma o paradigma ecomorfológico, ou seja, é possível realizar inferências da utilização de recursos pelas espécies de peixes a partir do formato de seu corpo, porém com algumas ressalvas.

O teste de Mantel total mostrou que, no presente estudo, a dieta não apresentou uma influência significativa na morfologia dos peixes, mas a filogenia sim, o que é visto claramente nas análises de componentes principais. Os grupos formados são, em sua maioria, próximos taxonomicamente. Entretanto, ao retirarmos essa influência da filogenia, a parte trófica também possui uma determinada relação com a forma dos indivíduos. Ou seja, foi possível afirmar que os padrões ecomorfológicos encontrados para essa assembleia foram influenciados pela adaptação ao ambiente e não somente ao seu histórico filogenético como foi observado para outras regiões tropicais por OLIVEIRA *et al.* (2010) e CASSATI & CASTRO (2006). Tendo isso em vista este resultado, é possível realizar inferências sobre o formato do corpo dos indivíduos e o ambiente onde vivem.

Os resultados encontrados nas análises de componentes principais (PCA) mostram que algumas espécies de peixes com proximidade filogenética possuem padrão ecomorfológico similar; entretanto, outras espécies (tais como *Tilapia rendalli* e *Serrapinnus heterodon*) mesmo que taxonomicamente distantes, estejam mais próximas de espécies de outra ordem, quando analisadas sob a perspectiva ecomorfológica. Esse fato corrobora com o descarte da hipótese nula mostrado pelo teste de Mantel e a influência da filogenia na morfologia e uso de recursos das espécies estudadas (PERES-NETO, 1991; OLIVEIRA *et al.*, 2010). O fato da

espécie de tilápia estar muito fora dos padrões encontrados na assembleia pode ser sinal de uma alteração causada pela introdução de uma espécie exótica dentro de riachos de primeira, segunda e terceira ordens avaliados neste estudo. Outra espécie exótica, *Poecilia reticulata*, também mostrou possíveis impactos nas demais populações, como já citado no estudo de Rodrigues-Filho e colaboradores (2018). Alguns riachos, tanto na serra de Araripe como na serra de Ibiapaba possuíam exclusivamente essa espécie de peixe, possivelmente devido a grande adaptabilidade desse Cyprinodontiforme (apresentou duas guildas diferentes, insetívoro e detritívoro) e ao sucesso no processo de exclusão competitiva (ODUM & BARRETT, 2006). Como esses ambientes aquáticos são de menor ordem, possuem maior sensibilidade à invasão desse organismo generalista e vivíparo (GARCIA *et al.*, 2021).

A morfologia dos peixes está diretamente relacionada ao meio em que vivem, portanto pode-se inferir, devido a sua alta relação com aspectos hidrodinâmicos, a resistência que a água exerce sobre o corpo do animal (BREDA *et al.*, 2005). Desta forma, foram observadas semelhanças entre os grupos de espécies nas PCAs, principalmente na divisão Characiformes-Siluriformes. Isso se deve a grande diferença nos formatos de corpo dessas duas ordens, sendo os Characiformes encontrados com o corpo mais fusiforme, mais comprimidos lateralmente, com olhos maiores e localizados mais na região mediana do corpo, com nadadeiras adaptadas para o ambiente pelágico (OLIVEIRA *et al.*, 2010); já os Siluriformes possuem um corpo mais deprimido, achatado dorsoventralmente, com tendência a viver mais próximo do substrato, com olhos menores, localizados na parte de cima do corpo e nadadeiras adaptadas a um hábito mais bentônico (PAGOTTO *et al.*, 2011). Os Cyprinodontiformes e Perciformes tiveram uma posição intermediária entre os dois grupos, ora tendendo a uma maior proximidade com os Characiformes ou com os Siluriformes, dependendo de quais índices estavam sendo analisados. Metodologias de diagnóstico de convergências e divergências evolutivas, como a descrita por Winemiller (1991) podem esclarecer se houveram variações evolutivas nas espécies de peixes destes ambientes. Entretanto, nas diferenças no último eixo, que teve em seus mais importantes atributos de separação fatores como capacidade de guinadas, natação ativa e equilíbrio, foi possível observar uma variação na divisão dos grupos, uma mistura entre espécies de peixes de ordens diferentes. Isso pode ser consequência de adaptações a diferentes habitats e influência de outros fatores físicos como velocidade da correnteza e profundidade, que não foram contemplados com detalhe nesse estudo para os diferentes habitats disponíveis.

Como as espécies de peixes foram capturadas em vários riachos diferentes, é difícil concluir sobre variações e influências de habitat. Metodologias de classificação mais específicas do ambiente como a de Oliveira *et al.* (2010) poderiam fornecer mais informações sobre a relação entre fatores físicos (profundidade, velocidade da correnteza) e a forma dos peixes. A maior frequência de espécies com tamanhos relativamente pequenos está de acordo com os estudos em ictiofauna de riachos sul-americanos (CASSATI & CASTRO, 2006; BARILI *et al.*, 2011 e PAGOTTO *et al.*, 2011). Além disso, diferenças entre as ordens, largura e altitude dos riachos podem influenciar na diversidade das assembleias encontradas e, portanto, precisam ser consideradas em estudos de ictiofauna (RODRIGUES-FILHO, 2018).

Com uma abordagem mais regional, a análise discriminante (CDA) mostra que o Parque Nacional possuiu uma maior similaridade com seu entorno, e essas duas foram significativamente diferentes com relação às outras duas regiões (Araripe e Ibiapaba). Isso, possivelmente, deve-se ao fato dos riachos do Parque Nacional e seu entorno possuírem uma ampla dominância da espécie exótica *P. reticulata* (FILHO, 2014), enquanto os ecossistemas lóticos onde foram capturadas as espécies da serra de Araripe e da serra de Ibiapaba sofreram uma constante influência antrópica, entretanto, possuem maior riqueza de espécies de peixes. É importante ressaltar essa discrepância, sendo esperado que dentro de uma região de preservação existissem mais peixes nativos, porém, é possível que a espécie invasora tenha dominado os nichos dentro do Parque Nacional.

O ponto mais interessante dessas análises foi que houve uma clara separação entre a serra de Araripe (espécies de peixes com tendência a um corpo mais longo, porém variando entre comprimidos e deprimidos, natação mais lenta e presas relativamente menores do que os outros) e Ibiapaba, PNU e ZPNU (tendência a um corpo mais curto para maior manobrabilidade e com presas relativamente maiores). Estas três últimas regiões diferenciaram-se porque os peixes de fora da área de preservação tendem a serem mais bentônicos, corpo deprimido e olhos relativamente menores, enquanto os de dentro do PNU tendem a serem pelágicos, corpo comprimido e olhos relativamente maiores. Isso mostra que a proximidade, formação geológica diferente e nível de atividade antrópica (possivelmente maior em Araripe, seguido de Ibiapaba, ZPNU e PNU) (observação pessoal) influenciam na estruturação das assembleias sob um ponto de vista ecomorfológico e de utilização de recursos pelos peixes (MEDEIROS & MALTCHIK, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Além disso, algumas espécies, tais como *Serrapinus piaba* e *S. heterodon*, *Poecilia reticulata* e *Astyanax* aff. *bimaculatus* e *A. fasciatus* apresentaram variação em suas guildas tróficas em diferentes regiões. Isso pode ser consequência de uma competição (fator biótico) ou por limitação do uso de recursos no ambiente (fator abiótico) ou ainda por uma combinação dos dois. As variações morfológicas intraespecíficas de cada região não foram abordadas nesse estudo, entretanto poderiam ser utilizadas para acentuar ainda mais as diferenças entre cada local (BREDA *et al.*, 2005).

Analisando de uma forma holística, o Parque Nacional de Ubajara, mesmo sendo uma área de preservação, não apresentou um maior número de espécies que as outras regiões não preservadas. Isso possivelmente deve-se a uma menor heterogeneidade de habitats e ao fato dos riachos do PNU serem de primeira e segunda ordem, enquanto os da serra de Araripe e de outros locais da serra de Ibiapaba eram de maiores ordens e, portanto, deveriam possuir maior diversidade segundo os conceitos de ecologia fluvial (VANNOTE *et al.*, 1980).

Tendo isso em vista, o estudo ecomorfológico de peixes para as regiões avaliadas não foi eficaz quando utilizado para bioindicação de preservação. A ecomorfologia foca-se em variáveis relacionadas à utilização de recursos e perde fatores importantes, tais como a diversidade específica, abundância e dominância. Algumas espécies (carnívoros, entre outros) não foram consideradas no estudo por não apresentarem indivíduos suficientes (15). Ou seja, outra abordagem, como diversidade funcional, que avalia todas as espécies coletadas e seus traços (CIANCARUSO *et al.*, 2012; PETCHEY & GASTON, 2006), poderia ser mais eficaz para verificação da eficiência de uma área de preservação.

6. CONCLUSÕES

Foi encontrada uma relação significativa entre a morfologia e a dieta dos peixes das assembleias das serras estudadas, mas somente quando desconsiderada a influência da filogenia no formato do corpo dos indivíduos. Algumas espécies de peixes apresentaram variação de suas guildas tróficas em diferentes locais, sinal da adaptabilidade desses peixes a uma mudança causada por fatores bióticos e/ou abióticos.

A análise de outros fatores, como atributos físicos dos corpos d'água e variedade de habitats dos riachos, poderiam esclarecer a influência desses na morfologia das espécies de peixes. As quatro regiões apresentaram variações da ecomorfologia da ictiofauna entre si,

apresentando o Parque Nacional (PNU) ampla similaridade com seu entorno (ZPNU) e esses sendo diferentes de Ibiapaba e Araripe. É importante salientar a presença de uma espécie invasora (*P. reticulata*) dentro de uma área de preservação, o que pode ter modificado o resultado esperado do estudo. Além disso, metodologias de verificação de convergências e divergências podem esclarecer as variações interespecíficas no espaço ecomorfológico.

A ecomorfologia, neste caso, não foi um bom indicador de preservação do ambiente, por minimizar fatores importantes como a diversidade, abundância e dominância das espécies. Futuras análises geológicas e ecológicas podem mostrar a influência desses fatores nas assembleias estudadas. Portanto, o presente estudo mostrou a estruturação ecomorfológica dos peixes de riacho das serras de Araripe e Ibiapaba, abrindo novas possibilidades para mais abordagens taxonômicas e ecológicas nessas regiões e podendo ser utilizado como referência de diversidade para planos de manejo e conservação dos ecossistemas estudados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE-LIMA, D. The caatinga's dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-163. 1981.
- BALON, E. K.; CRAWFORD, S. S. & LELEK, A. Fish communities of the Upper Danube River (Germany, Austria) prior to the new Rhein-Main-Donau connection. **Environmental Biology of Fishes**, v. 15, n. 4, p. 243-271. 1986.
- BARBOSA, M.R.V; AGRA, M.F; SAMPAIO, E.V.S.B; CUNHA, J.P. & ANDRADE, L.A., Diversidade florística na mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba. In: K. C. PORTO; CABRAL & M. TABARELLI (Orgs.) **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 2004. p. 111-122.
- BARILI, E.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. & LATINI, J. D. The coexistence of fish species in streams: relationships between assemblage attributes, trophic and environmental variables. **Environmental Biology of Fishes**, v. 92, p. 41-52. 2011.
- BEAUMORD, A. C. & PETRERE, M. Jr. Comunidades de Peces del Rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. **Acta Biologica Venezuelica**. v. 15, n. 2. P. 21-35, 1994.
- BELLWOOD, D. R.; WAINWRIGHT, P.C.; FULTON, C. J.; & HOEY, A. Assembly rules and functional groups at global biogeographical scales. **Functional Ecology**, v. 16, p. 557-562. 2002.

- BREDA, L.; OLIVEIRA, E. F. & GOULART, E. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 371-381. 2005.
- CASSATI, L. & CASTRO, R. M. C. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 2, p. 203-214. 2006.
- CIANCARUSO, M. V.; SILVA, I. A. & BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para Ecologia de Comunidades. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 93-103. 2012.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & CÂMARA, I. G. **Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil**. Fundação Brasileira para a conservação da natureza, Rio de Janeiro, 1º ed, 1996.
- CUNICO, A. M. & AGOSTINHO, A. A. Morphological patterns of fish and their relationships with reservoirs hydrodynamics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 1., p. 125-134. 2006.
- EVANS, K. M.; KIM, L. Y.; SCHUBERT, B. A. & ALBERT, J. S. Ecomorphology of Neotropical Electric Fishes: An Integrative Approach to Testing the Relationships between Form, Function, and Trophic Ecology. **Integrative Organismal Biology**, v. 1, n. 1, p. 1-16. 2019
- FIGUEIREDO, M.A. Unidades Fitoecológicas. In: **Atlas do Ceará**. (ed.) IPLANCE. Fortaleza. p. 28-29. 1997.
- FILHO, C. A. S. R. **Fatores estruturadores da ictiofauna de riachos intermitentes em duas serras do semiárido brasileiro**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciências Biológicas). Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- GARCIA, D. A. Z.; PELICICE, F. M.; BRITO, M. F. G.; ORSI, M. L. & MAGALHÃES, A. L. B. Peixes não-nativos em riachos no Brasil: estado da arte, lacunas de conhecimento e perspectivas. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 2, p. 565-587. 2021.
- GATZ, A. J. Jr. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tul. Stud. Zoological Botanical**. Ottawa, v. 21, n. 2, p. 91-124. 1979.
- GOSLINE, W. A. **Functional morphology and classification of teleostean fishes**. University Press of Hawaii, 1971, 208p.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST – Palaeontological Statistics**, 1.88. versão 1. Manual do Usuário. 2009.

HOEINGHAUS, D. J.; WINEMILLER, K. O. & BIRNBAUM, S. 2007. Local and regional determinants of stream fish assemblage structure: inferences based on taxonomic vs. functional groups. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 2, p. 324-338.

JACKSON, D. A.; PERES-NETO, P. R. & OLDEN, J. D. What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, p. 157-170. 2001.

KEAST, A. & WEBB, D. Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 23, n. 12, 1845-1874. 1966.

LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. Amsterdam, Elsevier, 853p, 1998.

LIMA, S. M. Q., RAMOS, T. P. A., SILVA, M. J. & ROSA, R. S. Diversity, Distribution, and Conservation of the Caatinga Fishes: Advances and Challenges. *In*: SILVA, J.M.C., LEAL, I.R., TABARELLI, M. (eds) **Caatinga**. Rio Grande do Norte, Springer International Publishing, 1º ed., 97-127. 2017.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes neotropicais**. Base 3. São Paulo: EDUSP. 1999.

MALTCHIK, L.; COSTA, M. A. J. & DUARTE, M. C. D. Inventory of Brazilian semiarid shallow lakes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, p. 801-808, 1999.

MEDEIROS, E. S. F. & MALTCHIK, L. Fish assemblage stability in an intermittently flowing stream from the Brazilian semiarid region. **Austral Ecology**, v. 26, p. 156-164. 2001.

ODUM, E. P. & GARRETT, G. W. **Fundamentos em Ecologia**. Tradução da 5ª edição americana. 1ª edição, p. 153-155. 2006.

OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E.; BREDA, L.; MINTE-VERA, C. V.; PAIVA, L. R. S. & VISMARA, M. R. 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.

PAGOTTO, J. P. A.; GOULART, E.; OLIVEIRA, E. F. & YAMAMURA, C. B. A ecomorfologia como ferramenta para análise da estrutura de assembleias, p. 327-346. *In*: LANSAC-TÔHA, F. A.; BENEDITO, E.; OLIVEIRA, E. F. 2009. **Contribuições da história da ciência e das teorias ecológicas para a Limnologia**. Maringá: Eduem, 527p.

PAGOTTO, J. P. A.; GOULART, E. OLIVEIRA, E. F.; YAMAMURA, C. B. Trophic ecomorphology of Siluriformes (Pisces, Osteichthyes) from a tropical stream. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 469-479, 2011.

PETCHEY, O. L. & GASTON, K. J. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecological Letters**, v. 9, n. 6, p. 741-758. 2006.

PERES-NETO, P.R. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riachos. **Oecologia Brasiliensis**, p. 209-236. *In*: CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R. &

PERES-NETO, P. R. Ecologia de peixes de riachos. **Série Oecologia Brasiliensis**, vol VI. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 1999.

PIORSKI, N. M.; DOURADO, E. C. S.; NUNES, J. L. S. Análise ecomorfológica de três espécies de peixes do Parque Estadual marinho do parcel de Manuel Luiz, Maranhão, Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. N. 20, p. 70-76. 2007.

POUILLY, M.; LINO, F.; BRETENOUX, J. G. & ROSALES, C. Dietary-morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. **Journal of Fish Biology**, v. 62, p. 1137-1158. 2003.

RICKLEFS, R. E. Relative roles of local and regional processes. **Science**, v. 235, 1987. p. 167-171.

RODAL, M.J.N; SALES, M.F. & MAYO, J.S. **Florestas serranas de Pernambuco: Localização e conservação dos remanescentes dos brejos de altitude**. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária. N. p. 76. 1998.

RODRIGUES-FILHO, C. A. S.; R. C. G. LOURENÇO; BEZERRA, L. A. V.; OLIVEIRA, E. F.; LEITÃO, Rafael Pereira ; GARCEZ, D. S.; SÁNCHEZ-BOTERO. How are local fish communities structured in Brazilian semiarid headwater streams? **Hydrobiologia**, v. 819, p. 93-108, 2018.

RODRIGUES-FILHO, CARLOS A. S.; GURGEL-LOURENÇO, RONALDO C.; RAMOS, ELIÊTA A.; NOVAES, JOSÉ L. C.; GARCEZ, DANIELLE S.; COSTA, RODRIGO S.; SÁNCHEZ-BOTERO, JORGE I. Metacommunity organization in an intermittent river in Brazil: the importance of riverine networks for regional biodiversity. **Aquatic Biology**, v. 54, p. 145-161, 2020.

ROSA, R. S., MENEZES, N. A., BRITSKI, H. A., COSTA, W. J. E. M. & GROTH, F. **Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da caatinga**. 2003. In: TABARELLI, M. & SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. Ed. Universitária UFPE, Recife, 1ª ed., p. 139-180. 2005.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, 2004.

SOUZA, C. E. & BARRELA, W. Atributos ecomorfológicos de peixes do Sul do Estado de São Paulo. **Revista Eletrônica de Biologia**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 1-34. 2009.

TEIXEIRA, I & BENNEMANN, S. T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 67-76. 2007.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137. 1980.

WATSON, D. J. & BALON, E. K. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**, v. 25, n. 3, p. 371-384. 1984.

WILLIS, S. C.; WINEMILLER, K. O. & LOPEZ-FERNANDEZ, H. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblage in a Neotropical floodplain river. **Oecologia**. V. 142, p. 284-295. 2005.

WINEMILLER, K. O. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, v. 61, p. 343-365. 1991.