

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da  
Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região  
Marinha e Costeira Adjacente**

**RELATÓRIO SEMESTRAL – SEÇÃO 3:**

**Anexo 7 – Dulcícola Ictiofauna**

**RT-12 RRDM/JUN19**

**Coordenação Geral**

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

Jorge Abdala Dergam dos Santos

Vitória,

Junho de 2019

## COORDENAÇÕES

### COORDENAÇÕES POR ANEXO

#### **Anexo 7**

Jorge Abdala Dergam dos Santos (UFV)

#### **Subprojeto Ecologia**

Luis Fernando Duboc (UFES)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>SUBPROJETO: ECOLOGIA E GENÉTICA DE PEIXES DULCÍCOLAS</b> .....	<b>10</b>
1.1	OBJETIVO .....	10
1.2	INTRODUÇÃO .....	10
1.3	MAPA DA AMOSTRAGEM .....	11
1.4	RESULTADOS .....	12
1.4.1	<b>Diversidade da ictiofauna no trecho capixaba</b> .....	<b>12</b>
1.4.2	<b>Composição da ictiofauna da bacia do Rio Doce nos oito pontos amostrados no trecho capixaba</b> .....	<b>25</b>
1.4.3	<b>DNA <i>barcode</i> dos peixes do trecho capixaba do Rio Doce</b> .....	<b>26</b>
1.4.4	<b>Genética de populações (Microsatélites)</b> .....	<b>36</b>
1.4.5	<b>Análises genético-populacionais preliminares com um gene mitocondrial (<i>COI</i>) e dois genes nucleares (<i>Glyt</i> e <i>Myh6</i>)</b> .....	<b>37</b>
1.4.6	<b>Análise preliminar da dieta dos peixes do trecho capixaba do Rio Doce</b> .....	<b>40</b>
1.4.7	<b>Descrição das assembleias de peixes do trecho inferior do Rio Doce</b> .....	<b>44</b>
1.5	DISCUSSÃO DAS ANÁLISES .....	66
1.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
1.7	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	71

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localidades de coleta do Anexo 7 Peixes Dulcícolas em cor alaranjada: P01-P08. .... 11
- Figura 2: Composição e biomassa da ictiofauna da bacia do Rio Doce no trecho capixaba para cada ponto de amostragem. Em azul, espécies nativas e em vermelho estão representadas as espécies exóticas. Em cada ponto de amostragem, os gráficos à esquerda em cada ponto de amostragem, representam a riqueza de espécies; os gráficos à direita representam a biomassa de espécimes coletados. .... 25
- Figura 3A a C: Árvore Bayesiana de Máxima Credibilidade das espécies de peixes coletadas no rio Doce. As colunas coloridas representam a delimitação das linhagens utilizando quatro métodos de descoberta de espécies baseada em um único locus (*COI*). Nomes destacados em vermelho representam haplótipos únicos das espécies analisadas no presente trabalho e os demais foram obtidos de bancos de dados genéticos (Genbank e Bold). .... 27
- Figura 4: Dendograma parcial de Neighbor-joining gerado a partir das sequências de *COI* de 154 espécimes coletados na bacia do Rio Doce durante as expedições da RRDM anexo 7. .... 30
- Figura 5: Histograma das distâncias genéticas inter e intraespecíficas (*barcoding gap*) das espécies de peixes coletadas na bacia do rio Doce durante as expedições da RRDM anexo 7. .... 33
- Figura 6: Dendograma de similaridade baseado na composição da dieta das 38 espécies de peixes analisadas nas campanhas 1 e 2 do Anexo 7. As espécies detritívoras ou raspadoras de fundo representam uma pequena minoria. Códigos das espécies ver item 1.3.3 da sessão 2. .... 44
- Figura 7: Curva de rarefação de espécies (curva do coletor) calculada pelo método de Mao Tau para as coletas realizadas com arrasto, em campanhas mensais. .... 45
- Figura 8: Curva de rarefação de espécies (curva do coletor) calculada pelo método de Mao Tau para as coletas realizadas com rede de espera, de diferentes malhas, em campanhas mensais. .... 45
- Figura 9: Curva de rarefação de espécies (curva do coletor) calculada pelo método de Mao Tau para as coletas realizadas com tarrafa, em campanhas mensais. A curva ainda se encontra na sua fase ascendente. .... 46
- Figura 10: Abundância relativa das espécies em relação ao número total de indivíduos coletados ao longo de seis campanhas amostrais mensais. A nativa *P. vivipara* é a mais abundante, seguida pela exótica *O. niloticus*. .... 48
- Figura 11: Abundância relativa das espécies em relação ao peso total de indivíduos coletados ao longo de seis campanhas amostrais mensais. A nativa *P. adspersus* e a exótica *P. maculatus* foram as que apresentaram maior biomassa. .... 48

Figura 12: Índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e o intervalo de confiança obtido por bootstrap (n = 9999) por ponto amostral.....	50
Figura 13: Dendograma de similaridade entre os pontos amostrais em relação à composição e abundância de espécies.....	53
Figura 14: Dendograma de similaridade entre os pontos amostrais em relação a composição de espécies. Ocorreu a formação de dois grandes grupos: um composto apenas pelos pontos P5 e P6 de ambiente lântico (lagoa), e outro por ambientes lóticos (rio e córrego). Dentro do agrupamento formado pelos ambientes lóticos, o P7 encontra-se isolado dos demais, provavelmente, por ser um ponto fora da calha principal do rio. ....	54
Figura 15: Detritívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	55
Figura 16: Detritívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	56
Figura 17: Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.....	56
Figura 18: Detritívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	57
Figura 19: Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.....	57
Figura 20: Piscívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	58
Figura 21: Piscívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	58
Figura 22: Piscívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	59
Figura 23: Piscívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	59
Figura 24: Piscívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	60
Figura 25: Piscívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	60

Figura 26: Onívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	61
Figura 27: Onívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	61
Figura 28: Piscívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	62
Figura 29: Onívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	62
Figura 30: Onívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	63
Figura 31: Onívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	63
Figura 32: Insetívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	64
Figura 33: Insetívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	64
Figura 34: Insetívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	65
Figura 35: Insetívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	65
Figura 36: Insetívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral. ....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de espécies de peixes da bacia do Rio Doce. ....	14
Tabela 2: Número de sequências dos genes nucleares <i>Glyt</i> , <i>Myh6</i> e mitocondrial <i>COI</i> obtidas até o momento, nas espécies de interesse.....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Localidades de coleta. Ecossistema da calha em azul; ecossistema de lagoa em rosa e ecossistema de córrego em verde. ....	11
Quadro 2: Famílias e ambientes representativos das espécies coletadas. ....	13
Quadro 3: Novos registros de espécies nativas. ....	17
Quadro 4: Novos registros de espécies exóticas. ....	17
Quadro 5: Cinquenta e três espécies nativas de ampla distribuição de acordo com o relatório de dados pretéritos e que seriam esperadas no trecho capixaba do Rio Doce. ....	18
Quadro 6: Espécies exóticas citadas nos estudos pretéritos e com registro esperado para o trecho capixaba. ....	31
Quadro 7: Estatística das análises das espécies de peixes do rio Doce incluindo da esquerda para a direita: nome da espécie, número de indivíduos incluídos na análise, tamanho da sequência em pares de bases, máxima divergência intraespecífica, mínima distancia interespecífica, táxon com a menor distancia interespecífica e monofilia. ....	34
Quadro 8: Lista de espécies selecionadas para estudos genético-populacionais usando marcadores microsatélites. Estão indicados a classificação taxonômica em nível de ordem e família e o comportamento migratório de cada espécie. ....	36
Quadro 9: Tamanho do genoma das espécies relacionadas às espécies-alvo com genoma completo disponível. O número de microsatélites simples, perfeitos e do tipo dinucleotídeo são fornecidos para cada espécie. ....	37
Quadro 10: Estatísticas sumárias de diversidade gênica e polimorfismo do gene <i>nuDNA Glyt</i> para cada uma das espécies-alvo estimadas no programa Arlequin. *No Hap – número de haplótipos; **Sítios polim – sítios polimórficos; Heter. Esperada – Heterozigosidade esperada; SD – Desvio Padrão ( <i>Standard deviation</i> ). ....	39
Quadro 11: Estatísticas sumárias de diversidade gênica e polimorfismo do gene <i>nuDNA Myh6</i> para cada uma das espécies-alvo estimadas no programa Arlequin. *No Hap – número de haplótipos; **Sítios polim – sítios polimórficos; Heter. Esperada – Heterozigosidade esperada; SD – Desvio Padrão ( <i>Standard deviation</i> ). ....	39
Quadro 12: Espécies de peixe e itens alimentares. ....	40
Quadro 13: Itens alimentares (porcentagem de volume) encontrados nas 38 espécies de peixes que tiveram seu estômago analisado. Essas espécies referem-se as coletadas nas campanhas 1 e 2 do Anexo 7 Ecologia de Peixes Dulcícolas. ....	42



Quadro 14: Estimadores de riqueza total calculados para a amostra. ....	46
Quadro 15: Riqueza total de espécies observada por ponto ao longo das seis campanhas amostrais, índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de dominância calculado para cada ponto. O valor mais baixo de diversidade ocorreu no ponto 01, o mais próximo à barragem da UHE Mascarenhas. O valor mais alto correspondeu ao Ribeirão Palmas, o ponto 07... 50	50
Quadro 16: Constância de ocorrência das espécies coletadas ao longo das seis campanhas amostrais, de acordo com a classificação de Dajoz (1978). Exóticas em vermelho; * espécie vulnerável. ....	51
Quadro 17: Matriz de similaridade calculada para os pontos amostrais utilizando o método de Bray-Curtis. ....	53
Quadro 18: Matriz de similaridade calculada para os pontos, obtido usando o método de Jaccard. ..	54

## **1 SUBPROJETO: ECOLOGIA E GENÉTICA DE PEIXES DULCÍCOLAS**

### **1.1 OBJETIVO**

No marco temporal do primeiro semestre, esta proposta de monitoramento visa caracterizar os efeitos posteriores à mortandade causada diretamente pelo impacto do derramamento do rejeito de minério e indicando, ainda, outros potenciais impactos sobre esta biota. Entre eles, são destacados os seguintes aspectos: extinção local de espécies, diminuição da abundância e biomassa das espécies nativas, dominância de espécies resilientes e exóticas e a possível substituição de espécies nas guildas funcionais.

### **1.2 INTRODUÇÃO**

Após a coleta, todos os peixes foram submetidos a análises biométricas e já foi iniciada a análise estomacal da maioria das espécies, além da análise gonadal prevista nos termos de referência. Análises de distribuição de classes de tamanho foram realizadas em algumas espécies, visando testar a hipótese de expansão dessas populações. Todos os espécimes foram amostrados para estudos de cunho molecular e foram transferidos, em solução de álcool etílico 70%, para a coleção ictiológica do Museu de Zoologia João Moojen, na Universidade Federal de Viçosa.

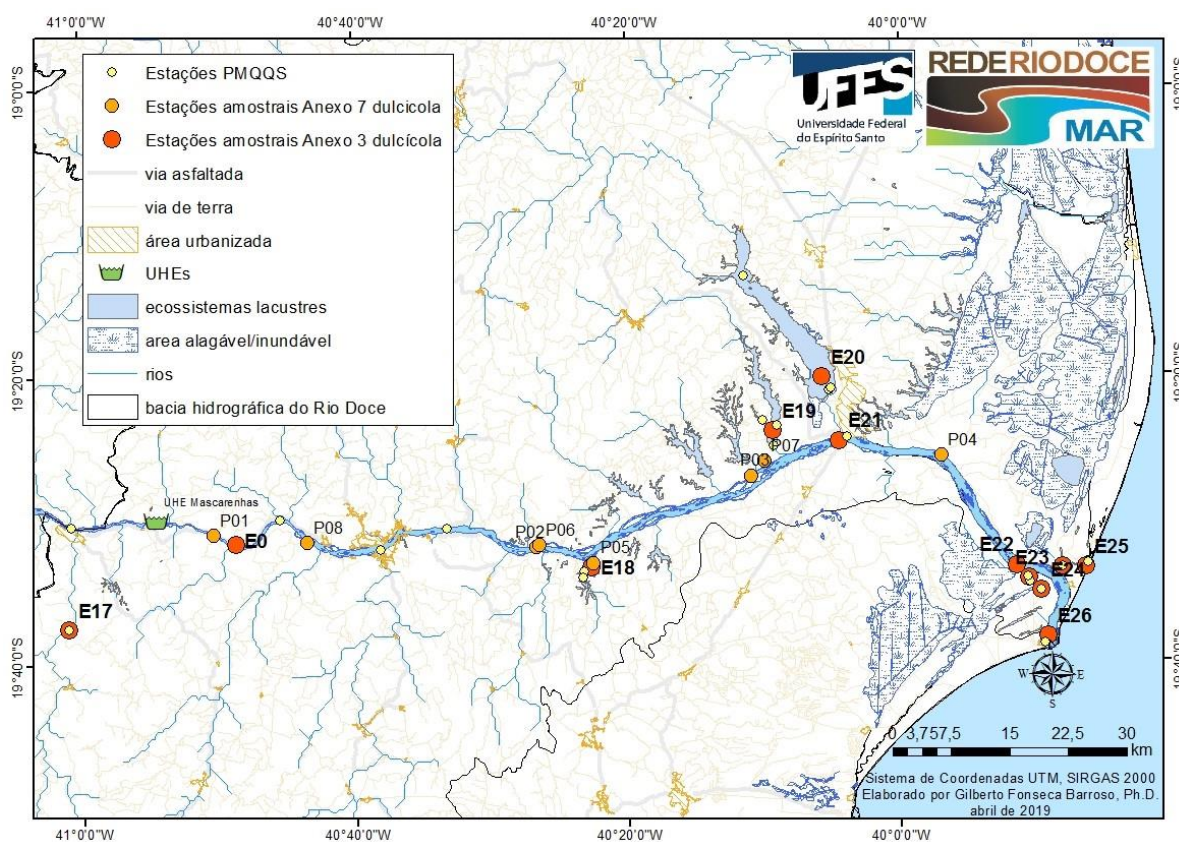
Cinco amostras de cada espécie foram enviadas em dezembro para estudos moleculares, desenvolvidos sob a orientação do Prof. Tomas Hrbek na Universidade Federal do Amazonas. Em fevereiro, foram selecionadas quinze espécies para obtenção de primers de microssatélites que embasarão estudos de genética molecular de populações. Ainda serão enviadas amostras de seções do médio e alto rio Doce, para análises de genética de populações utilizando marcadores mitocondriais e nucleares e microssatélites.

Considerando que não existem dados históricos anteriores ao derramamento de rejeito de minério na região de amostragem, foi considerado que a assembleia de peixes anterior ao evento era provavelmente formada por espécies de ampla distribuição na bacia. No trecho capixaba, as ausências de algumas espécies mais intolerantes como a piabanha *Brycon dulcis* e o surubim-do-Rio-Doce *Steindachneridion doceanum*, já são conhecidas desde a década de 1960. Outro parâmetro informativo para estimar o grau de impacto do evento foi a comparação das abundâncias e biomassas das espécies exóticas com as espécies nativas e as alterações na composição das guildas funcionais que hoje ocorrem no trecho capixaba do Rio Doce, em comparação com os dados disponíveis para a região do Alto Rio Doce e de alguns afluentes.

### 1.3 MAPA DA AMOSTRAGEM

A equipe de estudos ecológicos e genéticos de peixes dulcícolas realizou, conforme o TR4 e Cláusula 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), seis campanhas mensais de coleta de peixes na região capixaba, entre os municípios de Baixo Guandu e Linhares. As campanhas, de sete dias de duração, começaram no dia 15 de outubro de 2018 e finalizaram no dia 26 de março de 2019. Os locais de coleta foram próximos aos estabelecidos nos termos de referência, envolvendo três ecossistemas: calha do rio Doce, lagoas da região e um córrego (Figura 1 e Quadro 1).

Figura 1: Localidades de coleta do Anexo 7 Peixes Dulcícolas em cor alaranjada: P01-P08.



Fonte: Gilberto Fonseca Barroso.

Quadro 1: Localidades de coleta. Ecossistema da calha em azul; ecossistema de lagoa em rosa e ecossistema de córrego em verde.

Nome da estação	Código da estação amostral	Localidade	Northing	Easting
Ponto 1	P01	Rio Doce – Baixo Gandu	306887,11	7840951,32
Ponto 2	P02	Rio Doce próximo à Lagoa do Óleo – Colatina	348416,80	7839526,17
Ponto 3	P03	Rio Doce próximo à Fazenda Três Marias – Linhares	375937,71	7848727,90
Ponto 4	P04	Povoação – Linhares	400316,47	7851447,55
Ponto 5	P05	Lagoa do Limão – Colatina	355729,15	7837500,87
Ponto 6	P06	Lagoa do Óleo – Colatina	348718,72	7839780,67

Nome da estação	Código da estação amostral	Localidade	Northing	Easting
Ponto 7	P07	Ribeirão Palmas – Linhares	377565,01	7850611,67
Ponto 8	P08	Rio Doce – Colatina	318988,92	7840070,14

Fonte: Autoria própria.

## 1.4 RESULTADOS

### 1.4.1 Diversidade da ictiofauna no trecho capixaba

Ao todo, foram coletados 19.154 espécimes e uma biomassa de 71,6 kg, correspondendo a 28 famílias de peixes de água doce (divisão primária ou obrigatórios de água doce) e estuarinos (Quadro 2). No total, foram registradas 58 espécies, sendo 40 nativas e 18 exóticas (Tabela 1). Cinquenta e quatro delas são de ampla distribuição no Rio Doce e em bacias adjacentes e três são endêmicas à bacia do Rio Doce (*Australoheros* sp., *Prochilodus vimboides* e *Astyanax* sp.1). Um total de 30 espécies são de interesse comercial, das quais 17 são exóticas e as 13 restantes são nativas.

Apenas uma das espécies coletadas encontram-se na lista vermelha das espécies ameaçadas do Brasil (ICMBIO Brasil): *Prochilodus vimboides* (vulnerável). Essa espécie difere das demais espécies do gênero *Prochilodus* pelo número de escamas na linha lateral (34-39 vs 40-64 nas demais congêneres) (Castro e Vari, 2004). Existem registros nas bacias costeiras do rio Jequitinhonha até o rio Paraíba do Sul, tendo sido registrada também nas bacias do alto rio Tietê e Mogi-Guaçu, principalmente nas calhas dos rios de maior dimensão. São migradores de longa distância bem como as demais espécies do gênero *Prochilodus*, sendo também consideradas iliófagas, ou seja, alimentam-se de detritos (Santos, 2014). Está classificada como vulnerável na lista das espécies ameaçadas devido aos escassos registros da mesma desde a década de 60 nos rios Tietê e Mogi-Guaçu; declínio acentuado das populações no Rio Paraíba do Sul não sendo mais registrada nem mesmo na pesca comercial; declínio de registros provavelmente associados à introdução de espécies exóticas congêneres como *Prochilodus costatus*, *Prochilodus argenteus* e *Prochilodus lineatus*, construção de barragens e desmatamento nas bacias dos rios Doce e Mucuri. Estima-se que houve uma redução de 60% na extensão de ocorrência dessa espécie nos últimos 20 anos (Akama et al., 2018). A tendência é de que as ameaças à espécie se intensifiquem com a construção de novas barragens, perda de qualidade de água devido à efluentes domésticos e industriais, bem como assoreamento.

Quadro 2: Famílias e ambientes representativos das espécies coletadas.

Famílias	Água doce	Estuarino/marinho
Achiridae		XX
Anostomidae	XX	
Ariidae		XX
Auchenipteridae	XX	
Callichthyidae	XX	
Carangidae		XX
Characidae	XX	
Centropomidae	XX	XX
Cichlidae	XX	
Clariidae	XX	
Elopidae		XX
Engraulidae	XX	XX
Erythrinidae	XX	
Gobiidae	XX	XX
Gymnotidae	XX	
Haemulidae	XX	XX
Heptapteridae	XX	
Loricariidae	XX	
Mugilidae	XX	XX
Pimelodidae	XX	
Poeciliidae	XX	XX
Prochilodontidae	XX	
Pseudopimelodidae	XX	
Sciaenidae	XX	
Serrasalminidae	XX	
Syngnathidae	XX	XX
Synbranchidae	XX	
Trychomictoridae	XX	

Fonte: Autoria própria.

Tabela 1: Lista de espécies de peixes da bacia do Rio Doce.

Classificação taxonômica								Distribuição	
Ordem	Família	Espécie	Nome popular	Nativa	Exótica	Comercial	Lista vermelha	Endêmica	Ampla
Characiformes	Anastomidae	Megaleporinus conirostris (Steindachner 1875)	Piau branco	X		X			X
		Megaleporinus elongatus	Piau boquinha		X	X			
	Bryconidae	Salminus brasiliensis (Cuvier 1816)	Dourado		X	X			X
	Characidae	Astyanax giton Eigenmann 1908	Piaba / Lambari	X					X
		Astyanax intermedius Eigenmann 1908	Piaba / Lambari	X					X
		Astyanax lacustris (Lütken 1875)	Piaba / Lambari	X		X			X
		Astyanax sp 1	Piaba / Lambari	X				X	
		Hyphessobrycon eques (Steindachner 1882)	Mato Grosso		X	X			X
		Knodus sp.	Piaba / Lambari	X					X
		Moenkhausia vittata (Castelnau 1855)	Piaba / Lambari	X					X
		Oligosarcus acutirostris Menezes 1987	Lambari bocarra	X		X			X
		Oligosarcus argenteus Günther 1864	Lambari bocarra	X		X			X
		Serrapinnus heterodon (Eigenmann 1915)	Piabinha	X					X
	Erythrinidae	Hoplias intermedius (Günther 1864)	Trairão		X	X			X
		Hoplias malabaricus (Bloch 1794)	Traíra	X		X			X
		Hoplerethrinus unitaeniatus (Spix & Agassiz 1829)	Jeju	X					X
	Prochilodontidae	Prochilodus argenteus Spix & Agassiz 1829	Curimba		X	X			X
		Prochilodus costatus Valenciennes 1850	Curimba		X	X			X
		Prochilodus vimboides Kner 1859	Curimba	X		X	X	X	
	Serrasalminidae	Metynnis lippincotianus (Cope 1870)	Pacuzinho / CD		X	X			X

Classificação taxonômica								Distribuição	
Ordem	Família	Espécie	Nome popular	Nativa	Exótica	Comercial	Lista vermelha	Endêmica	Ampla
		<i>Pygocentrus nattereri</i> Kner 1858	Piranha vermelha		X	X			X
		<i>Pygocentrus piraya</i> (Cuvier 1819)	Piranha preta		X	X			X
Cichiformes	Cichlidae	<i>Australoheros</i> sp.	Acará	X				X	
		<i>Cichla monoculus</i> Spix & Agassiz 1831	Tucunaré		X	X			X
		<i>Cichlasoma</i> sp.	Acará	X					
		<i>Crenicichla lepidota</i> Heckel 1840	Jacundá		X				X
		<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard 1824)	Cará / Acará	X					X
		<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758)	Tilápia		X	X			X
		<i>Copton rendalli</i> (Boulenger 1897)	Tilápia		X	X			X
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Lycengraulis grossidens</i> (Spix & Agassiz 1829)	Sardinha	X					X
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia vivipara</i> Bloch & Schneider 1801	Barrigudinho	X					X
Elopiformes	Elopidae	<i>Elops saurus</i> Linnaeus 1766	Ubarana	X					X
Gymnotiformes	Gymnotidae	<i>Gymnotus</i> aff. <i>carapo</i> Linnaeus 1758	Sarapó / Peixe faca	X					X
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil curema</i> Valenciennes 1836	Tainha	X		X			X
Perciformes	Carangidae	<i>Caranx bartholomaei</i> Cuvier 1833	Xaréu	X		X			X
	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i> Poey 1860	Robalo	X		X			X
	Gobiidae	<i>Awaous tajasica</i> (Lichtenstein 1822)	Peixe-flor	X					X
	Haemulidae	<i>Pomadasys ramosus</i> (Poey 1860)	Cocoroça	X					X
	Sciaenidae	<i>Pachyurus adpersus</i> Steindachner 1879	Corvina	X		X			X
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus</i> cf. <i>mucuri</i>	Linguado	X		X		X	
Siluriformes	Ariidae	<i>Genidens genidens</i> (Cuvier 1829)	Bagre curiaçu	X		X			X
		<i>Genidens</i> sp.	Bagre branco	X		X			X
	Auchenipteridae	<i>Pseudauchenipterus affinis</i> (Steindachner 1877)	Cumbaca	X					X

Classificação taxonômica								Distribuição	
Ordem	Família	Espécie	Nome popular	Nativa	Exótica	Comercial	Lista vermelha	Endêmica	Ampla
		Trachelyopterus striatulus (Steindachner 1877)	Cumbaca	X					X
	Callichthyidae	Corydoras aeneus (Gill 1858)	Camboatzinho	X					X
		Hoplosternum littorale (Hancock 1828)	Tamboatá		X				X
	Clariidae	Clarias gariepinus (Burchell, 1822)	Bagre africano		X	X			X
	Heptapteridae	Pimelodella sp.	Mandi	X					X
		Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard 1824)	Bagre / Jundiá	X		X			X
	Loricariidae	Hypostomus affinis (Steindachner 1877)	Cascudo	X					X
		Hypostomus luetkeni (Steindacher 1877)	Cascudo	X					X
		Loricariichthys castaneus (Castelnau 1855)	Cascudo	X					X
		Pterygoplichthys etentaculatus (Spix & Agassiz 1829)	Cascudo abacaxi		X	X			X
	Pimelodidae	Lophiosilurus alexandri Steindachner 1876	Pacumã		X	X			X
		Pimelodus maculatus Lacepède 1803	Mandi Chorão		X	X			X
	Trichomycteridae	Microcambeva cf. barbata	Cambeva	X			X		X
Synbranchiformes	Synbranchidae	Synbranchus marmoratus Bloch 1795	Mussum	X					X
Syngnathiformes	Syngnathidae	Microphis lineatus (Kaup 1856)	Peixe-cachimbo	X					X
<b>Total</b>									
<b>11</b>	<b>28</b>	<b>58</b>	<b>-</b>	<b>40</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>54</b>

Fonte: Autoria própria.



Das 58 espécies registradas, 14 foram encontradas pela primeira vez na bacia durante as expedições de coleta RRDM, sendo 10 nativas e quatro exóticas (Quadro 3 e Quadro 4), com destaque para três espécies: um exemplar de *Microcambeva* (identificada provisoriamente como *M. barbata*), três espécimes de linguado do gênero *Achirus* (identificado provisoriamente como *A. mucuri*) e um espécime de *Elops saurus* Minding 1832. *Microcambeva barbata* é uma espécie rara, conhecida apenas da localidade tipo no rio São João, no estado do Rio de Janeiro e de drenagens costeiras no sul do Espírito Santo. Esta espécie foi coletada na calha do rio Doce, mas na literatura é citada apenas para ambientes de riachos. O linguado *A. mucuri* é considerado endêmico da bacia do rio Mucuri. Já a espécie *Elops saurus*, é tipicamente marinha, sendo este o primeiro registro na calha do rio Doce.

Quadro 3: Novos registros de espécies nativas.

<b>Espécie (Nome comum)</b>	<b>Número de amostras coletadas no trecho após o evento</b>	<b>Ecologia (baseado nos nossos dados)</b>
<i>Genidens genidens</i> (Bagre marinho)	9	Bentófago
<i>Genidens</i> sp. (Bagre marinho branco)	3	Piscívoro
<i>Pomodasyus ramosus</i>	1	Insetívoro
<i>Microcambeva</i> cf. <i>barbata</i>	1	Desconhecido
<i>Achirus</i> cf. <i>mucuri</i> (Linguado)	3	Piscívoro
<i>Caranx bartholomeai</i> (Xaréu)	4	Piscívoro
<i>Australoheros</i> sp. (Acará)	3	Insetívoro
<i>Cichlasoma</i> sp. (Acará)	22	Piscívoro
<i>Elops saurus</i>	1	Piscívoro
<i>Microphis lineatus</i>	11	Carnívoro

Fonte: Autoria própria.

Quadro 4: Novos registros de espécies exóticas.

<b>Espécie – Nome comum</b>	<b>Número de amostras coletadas no trecho após o evento</b>	<b>Ecologia</b>
<i>Metynnis lippincotianus</i> – Pacuzinho, CD	80	Herbívoro
<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i> – Cascudo-abacaxi	2	Detritívoro
<i>Pygocentrus piraya</i> – Piranha preta	12	Piscívoro
<i>Megaleporinus elongatus</i> – Piau-boquinha	1	Onívoro

Fonte: Autoria própria.

Os peixes estuarinos ou tolerantes a níveis mais elevados de salinidade foram representados por 11 famílias. Espécies marinhas ou de origem marinha, como membros das famílias Gobiidae e Carangidae, são esperadas em regiões próximas à foz de rios costeiros (Winemiller e Leslie, 1992).

De acordo com os dados pretéritos, dentre as 103 espécies nativas, 53 são de ampla distribuição para a bacia e as 36 exóticas registradas estão amplamente distribuídas no Rio Doce. Este grupo com ampla ocorrência (89 nativas e exóticas) foi assumido como presente no trecho afetado, antes do evento de derramamento de rejeito de minério da barragem de Fundão.

Das 53 espécies nativas de ampla distribuição na bacia, apenas 29 foram registradas no presente estudo (Quadro 5), sendo *Poecilia vivipara* a mais abundante. Houve uma predominância de espécies onívoras e piscívoras na amostragem. Já espécies detritívoras ou raspadoras de fundo, tiveram um registro mais baixo durante a amostragem e, muitas das que apresentam ampla distribuição na bacia, não foram registradas.

Quadro 5: Cinquenta e três espécies nativas de ampla distribuição de acordo com o relatório de dados pretéritos e que seriam esperadas no trecho capixaba do Rio Doce.

Espécie – Nome comum	Coletada no trecho após o evento (N da amostra)	Ecologia	Registros na bacia de acordo com vouchers da coleção e dados da literatura
<i>Hypomasticus mormyrops</i> – Timburé	Não	Raspador de fundo - abundante nos rios Piranga e Santo Antonio	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Síntipos Rio Doce - MNHN 1913-0132, MNHN 0133, NMW 68350-54 Bacias costeiras entre Paraíba do sul e Rio Mucuri (Vieira et al., 2015)
<i>Megaleporinus conirostris</i> – Piau-branco	Sim (7)	Carnívoro - Abundante nos rios Piranga e Santo Antonio	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Síntipos Rio Doce Registros coleções Alto: MZUFV 3914, 4014, 4480-Candonga, MZUFV4673_Rio Piranga Médio: MZUFV 3720-Rio Santo Antônio, MZUFV 4808 – Aimorés Bacias dos rios Doce, Mucuri e Paraíba do Sul (Vieira et al., 2015)
<i>Leporinus copelandii</i> – Piau-vermelho	Não	Comum em todos os tributários da calha do Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Síntipos Rio Doce Registros coleções Alto: MZUFV 4001, 4502, 4669 - Candonga, 4672 – Rio Piranga, 5027- Rio Matipó, 5258 – UHE Brecha, Guaraciaba Médio: MZUFV 3702 – Suaçuí Pequeno; 3708, 3745, 4501, Rio Santo Antônio; 3903 – Rio Preto do Itambé; 4708 – Rio Manhuaçu Baixo: MZUFV 4599 – Rio Guandu. Bacias costeiras do leste do Brasil entre o Bacias costeiras do leste do Brasil entre o Bacias costeiras do leste do Brasil entre o rio Mucuri e o rio Paraíba do Sul (Vieira et al., 2015)
<i>Astyanax fasciatus</i> - Lambari	Não	Onívoro – Ocorre no alto Rio Doce	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição bacias brasileiras Registros coleções Alto: MZUFV 443 – Rio casca; 466 – Rio Turvão; 2995 – UHE Brecha; Baixo: MZUFV 4608 Rio Guandu
<i>Astyanax giton</i> - Lambari	Sim (1256)	Insetívoro	Registros coleções Alto: MZUFV 3886 – Córrego quebra ossos; 4361 – córrego Latão; 4858 – Rio Matipó; 5246 – Candonga Médio: MZUFV 5355 – Lagoa Tiririca; 5361 – Lagoa Juiz de Fora; 5369 – Rio Santo Antônio
<i>Astyanax hastatus</i> - Lambari	Não	Onívoro	Registro de coleta em 1948 por Travassos

Espécie – Nome comum	Coletada no trecho após o evento (N da amostra)	Ecologia	Registros na bacia de acordo com vouchers da coleção e dados da literatura
			Baixo: MNRJ 21822 – Linhares (coletado em 1948); MZUSP 26604 Lagoa Juparanã, Linhares.
<i>Astyanax jequitinhonhae</i> – Lambari	Não	Onívoro	Está na sinonímia de <i>Astyanax fasciatus</i> . Um artigo já está em preparação para revalidação da espécie. Registros coleções Alto: MZUFV 2826 – UHE emboque; 5386 – Viçosa Médio: MZUFV 3602 – Lagoa Tiririca; 3902 – Rio Preto do Itambé; 5362 – Ribeirão Mumbaça; 5349 – Lagoa Linguíça
<i>Astyanax lacustris</i> – Lambari-de-rabo-amarelo	Sim (795)	Insetívoro	Amplamente distribuída nos rios costeiros do Brasil. Registro em todos os principais afluentes do rio Doce (Vieira et al., 2015). Registros coleções Alto: MZUFV 2313 – Canaã; 2564 – UHE Emboque; Médio: MZUFV 3672 – Lagoa Linguíça; 3721 – Rio Santo Antônio; 5104 – Rio Guanhães; Baixo: MZUFV 4803 – Rio Doce, Aimorés; 4597 – Rio Guandu
<i>Astyanax</i> sp1	Sim (133)	Onívoro	Registros coleções Alto: MZUFV 5292, 5329, 5249 Médio: MZUSP 058470, 101028 – Rio Santo Antônio; MCP 34245 – Rio Corrente Grande; MCP 13797 Rio Taquaraçu. Baixo: MNRJ 17216 Lagoa Juparanã, MCP 15004 – Rio Santa Maria do Rio Doce, Colatina.
<i>Astyanax scabripinnis</i> – Lambari	Não	Afluentes do Rio Doce	Registros coleções Alto: MZUFV 5278 – calha principal Rio Doce, Rio Doce; MZUFV 5382 – UHE Candonga; MZUFV 5392 Lagoa UFV, Viçosa. Médio: MZUSP 75389 - Rio Preto, afluente Rio Santo Antônio; MZUSP 75329 – Rio Guanhães, Dorés de Guanhães; Baixo: MZUSP 016366 – Rio Doce, Linhares;
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> – Lambari-limão	Não	Ocorre no alto e no médio Rio Doce	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nas bacias costeiras do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul, e no alto Paraná.
<i>Knodus</i> sp.	Sim (1172)	Insetívoro - Ocorre no Rio Doce	Erroneamente referido como <i>Knodus moenkhausii</i> por Vieira et al. 2015. Amplamente distribuído pela bacia do Rio Doce. Registros coleções Alto: MZUFV 5390, MZUFV 4471, MZUFV 4476, MZUFV 4478, MZUFV 4486, MZUFV 4487 – UHE Candonga, Rio Doce. Médio: MZUFV 3899 – São João Evangelista; MZUFV 5375 Rio Preto, Itambé do Mato Dentro.
<i>Moenkhausia vittata</i> – Lambari	Sim (2)	Ocorre no médio Rio Doce	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Sintipos: MNHN 1913-0135 MNHN 0136; NMW 57389, NMW 57591, todos coletados no Rio Doce: Registros coleções

Espécie – Nome comum	Coletada no trecho após o evento (N da amostra)	Ecologia	Registros na bacia de acordo com vouchers da coleção e dados da literatura
			Médio: MZUFV 5122 – Lagoa Ferrugem, Dionísio; MZUFV 4151, MZUFV 4247, MZUFV 5350 – Lagoa Linguíça, Pingo d'água.
<i>Oligosarcus acutirostris</i> – Lambari-bocarra	Sim (1)	Carnívoro - Ocorre nas bacias costeiras	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nas bacias costeiras entre o estado do Espírito Santo e Bahia.
<i>Oligosarcus argenteus</i> – Lambari-bocarra	Sim (5)	Carnívoro - Ocorre no alto e médio Rio Doce	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nas bacias dos rios Doce, Das Velhas e alto Paraná. Registros coleções Alto: MZUFV 3953 – Córrego do mosquito, Catas Altas; MZUFV 3959 – Ribeirão Caraça, Santa Bárbara; MZUFV 3963, 3964 – Lagoa Samarco, Mariana; MZUFV 4479, 4491 – UHE Candonga, Rio Doce. Médio: MZUFV 4717 – Rio Manhuaçu, Ipanema. Baixo: MZUFV 4812 – Rio Doce, Aimorés. Amplamente distribuído nas bacias do Rio Doce e cabeceiras do rio das Velhas e Paraopeba (Vieira et al. 2015).
<i>Serrapinnus heterodon</i>	Sim (29)	Insetívoro - Ocorre no alto e médio Rio Doce	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nas bacias do rio São Francisco, alto Paraná e bacias costeiras do Nordeste. Registros coleções Alto: MZUFV 4474, MZUFV 5267 – UHE Candonga, Rio Doce; MZUFV 5275 Lagoa Marginal à calga principal do Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado. Médio: MZUFV 5281 – Rio Santo Antônio, Ferros; Baixo: Ingenito et al. 2016 (MBML 9800 - Colatina, Lagoa da Cobra Verde ou Pau Gigante, tributário do rio Doce); MBML 9827 - Lagoa do Doutor, Linhares.
<i>Characidium interruptum</i> – Canivete	Não	Ocorre no alto e médio Rio Doce	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nas terras baixas dos tributários da região Sudeste.
<i>Characidium timbuiens</i> – Canivete	Não	Detritívoro – Alto Rio Doce	Registro nos rios Gualaxo do Norte e rio Piracicaba de acordo com Vieira et al. 2015.
<i>Characidium</i> sp. - Canivete	Não	Ocorre no alto e médio Rio Doce	Registros coleções Alto: MZUFV 4154, MZUFV 5385 – UHE Candonga, Rio Doce; MZUFV 5250 – Rio Matipó, Raul Soares. Médio: MZUFV 4187 – Lagoa Linguíça, Pingo d'água.
<i>Cyphocharax gilbert</i> – Sardinha	Não	Detritívoro – Médio Rio Doce	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nas bacias costeiras do leste do Brasil. Registros coleções Médio: MZUFV 4711 – Rio Manhuaçu, Ipanema.
<i>Hoplias malabaricus</i> – Traíra	Sim (41)	Carnívoro - Ocorre no Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição na América do Sul (Vieira et al., 2015). Registros coleções

Espécie – Nome comum	Coletada no trecho após o evento (N da amostra)	Ecologia	Registros na bacia de acordo com vouchers da coleção e dados da literatura
			Alto: MZUFV 2068 – Ponte Nova; 2153 – Rio Piranga; 2265 – Rio Casca; Médio: MZUFV 2608 – Lagoa Carioca; 2784 – Rio Santo Antônio; 2829 – Lagoa Dom Helvécio; Baixo: MZUFV 4716 – Rio Manhuaçu, Ipanema; 4806 – Rio Doce, Aimorés.
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	Sim (10)	Médio rio doce - Onívoro	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nos rios costeiros da América do Sul. Registros coleções Médio: MZUFV 3565 – Lagoa Carioca, Dionísio.
<i>Prochilodus vimbooides</i> – Curimba	Sim (1)	Detritívoro – Calha do Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nos rios costeiros do Brasil. Registros coleções Alto: MZUFV 1924, 2042 – Rio Piranga, Guaraciaba; 4031 – Candonga, Rio Doce; Médio: MZUFV 3634 – Lagoa Tiririca; 3676 – Lagoa Juiz de Fora.
<i>Crenicichla lacustris</i> – Jacundá	Não	Carnívoro – ocorre no Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nos rios costeiros do Brasil. Registros coleções Médio: MZUFV 3463 – Lagoa Ferrugem, Dionísio; 4028 – Rio Santo Antônio, Ferros; 5109 – Córrego Esmeralda, Ferros; Baixo: MZUFV 4821 – Rio Doce, Aimorés.
<i>Geophagus brasiliensis</i> – Acará, cará	Sim (471)	Insetívoro - Ocorre no Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nos rios costeiros da América do Sul. Registros coleções Alto: MZUFV 3116 – Canaã; 5043 – Rio Piranga, Ponte Nova; 3100 – Guaraciaba. Médio: MZUFV 4127 – Rio Santo Antônio, Ferros; 3980 – Lagoa Cristal; 5353 – Lagoa Linguíça. Baixo: MZUFV 4710 – Rio Manhuaçu, Ipanema; 4820 – Rio Doce, Aimorés.
<i>Lycengraulis grossidens</i> – Manjuba	Sim (3)	Ocorre no médio Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição na América do Sul. Registros coleções Médio: MZUFV 3679 – Lagoa Juiz de Fora.
<i>Poecilia vivipara</i> - Barrigudinho	Sim (7220)	Detritívoro - Ocorre no médio Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição da Venezuela ao Sul do Brasil. Registros coleções Baixo: MZUFV 1699 – Rio Manhuaçu, Manhuaçu.
<i>Gymnotus carapo</i> - Sarapó	Sim (1)	Carnívoro - Ocorre no Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição na América do Sul. Registros coleções Alto: MZUFV 856 – Ponte Nova; 2823 – Raul Soares; 3298 – Viçosa;

<b>Espécie – Nome comum</b>	<b>Coletada no trecho após o evento (N da amostra)</b>	<b>Ecologia</b>	<b>Registros na bacia de acordo com vouchers da coleção e dados da literatura</b>
			Médio: MZUFV 3570 – Lagoa Carioca, Dionísio; Baixo: MZUFV 4817 – Rio Doce, Aimorés.
<i>Mugil curema</i> - Tainha	Sim (439)	Detritívoro - Comum na região costeira	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição na costa do Atlântico.
<i>Caranx latus</i> - Xaréu	Não	Piscívoro	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição em todo o Atlântico Leste, da Nova Jersey (EUA) até Santa Catarina (Brasil).
<i>Centropomus undecimalis</i> – Robalo	Não	Piscívoro	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição em todo o Atlântico Leste, da Carolina do Norte (USA) até o Uruguai.
<i>Centropomus parallelus</i> – Robalo- branco	Sim (8)	Invertívoro	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição em todo o Atlântico Leste, da Flórida (EUA) até o Sul do Brasil.
<i>Eugerres brasiliensis</i> – Carapeba listrada	Não	Piscívoro - Ocorre na região costeira	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição em todo o Atlântico Leste, da Carolina do Sul (EUA) até o Sul do Brasil.
<i>Awaous tajassica</i> – Peixe-flor	Sim (1603)	Bentófago	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição em todo o Atlântico Leste, da Flórida (EUA) até Santa Catarina (Brasil).
<i>Pachyurus adspersus</i> – Curvina	Sim (1361)	Insetívoro – Médio e baixo Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nos rios costeiros do Brasil. Registros coleções Alto: MZUFV 1950 – Rio Piranga, Guaraciaba; 2134, 3175 – Ponte Nova; Médio: MZUFV 2789 – Rio Santo Antônio, Ferros; 2831 - Lagoa Dom Helvécio, Dionísio; 3272 – Lagoa Silvana. Baixo: MZUFV 4817 – Rio Doce, Aimorés.
<i>Achirus declivis</i> – Sola-de- albatroz	Não	Piscívoro - Ocorre na região costeira	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição no Atlântico Leste.
<i>Genidens genidens</i> – Bagre-curiaçu	Sim (9)	Bentófago - Ocorre na região costeira	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nos rios costeiros da América do Sul.
<i>Potamarius grandoculis</i> - Bagre- curiaçu	Não	Piscívoro - Ocorre na região costeira	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição nas lagoas costeiras do sudeste do Brasil.
<i>Trachelyopterus striatulus</i> - Cumbaca	Sim (13)	Insetívoro	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nos rios costeiros do sudeste do Brasil. Registros coleções Alto: MZUFV 5005, 5009, 5014 – Rio Doce; Médio: MZUFV 3531, 3590 – Lagoa Carioca; 3787 – Rio Santo Antônio, Ferros; Baixo: MZUFV 4996 – Rio Doce, Aimorés.

Espécie – Nome comum	Coletada no trecho após o evento (N da amostra)	Ecologia	Registros na bacia de acordo com vouchers da coleção e dados da literatura
<i>Callichthys callichthys</i> - Tamboatá	Não	Ocorre no médio Rio Doce	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição na América do Sul. Registros coleções Médio: MZUFV 3606 – Lagoa Tiririca; 3707 – Rio Santo Antônio, Ferros; 3828 – Rio Piracicaba.
<i>Corydoras aeneus</i> - Coridoras	Sim (2)	Alimentadores de fundo no alto e médio Rio Doce - Insetívoro	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição na América do Sul.
<i>Corydoras nattereri</i> - Coridoras	Não		Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ocorrência nos rios costeiros do sudeste do Brasil, do Espírito Santo ao Paraná.
<i>Pimelodella</i> sp. – Mandi-chorão	Sim (21)	Carnívoro	Registros coleções Alto: MZUFV 294 – Senador Firmino; 297 – Canaã; 3457 – Rio Casca. Médio: MZUFV 3785, 3790, 3794 – Rio Santo Antônio, Ferros; Baixo: MZUFV 1700 – Rio Manhuaçu, Manhuaçu.
<i>Rhamdia quelen</i> – Bagre comum ou Jundiá	Sim (1)	Onívoro – Ampla distribuição	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição na América do Sul (Vieira et al., 2015). Registros coleções Alto: MZUFV 2350 – Canaã; 2772 – Rio Matipó, Raul Soares; 3962 – Mariana; Médio: MZUFV 3251, 3695 – Rio Santo Antônio, Ferros; 3907 – Rio Preto, Itambé do Mato Dentro.
<i>Delturus angulicauda</i> – Cascudo	Não	Raspadores de fundo	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição na bacia do rio Mucuri, Brasil. Registros coleções Alto: MZUFV 1577 – Rio Casca; 1695, 2516 – Rio Matipó, Raul Soares; Médio: MZUFV 2785 – Rio Santo Antônio, Ferros.
<i>Delturus carinotus</i> - Cascudo	Não	Raspadores de fundo	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição na bacia do rio Doce, Brasil. Registros coleções Alto: MZUFV 2799, 3314 – Ponte Nova; 3326 – Guaraciaba; Médio: MZUFV 3716, 3771, 3783 – Rio Santo Antônio, Ferros.
<i>Harttia</i> sp. – Cascudo-barata	Não	Raspadores de fundo	Registros coleções Alto: MZUFV 2132 – Ponte Nova; 2309 – Rio Casca, Pedra do Anta; 3505 – Rio Casca.
<i>Hypostomus affinis</i> – Cascudo-manteiga	Sim (6)	Raspadores de fundo	Registros coleções Alto: MZUFV 3301 – Rio Casca, Rio Casca; MZUFV 3875 – rio Santa Bárbara, Santa Bárbara; MZUFV 4017, MZUFV 4333 – UHE Candonga, Rio Doce; Médio: MZUFV 3706, MZUFV 3714 – Rio Santo Antônio, Ferros; MZUFV 4719 – Rio Manhuaçu, Ipanema; Baixo: MZUFV 4995 – Rio Doce, Aimorés;

Espécie – Nome comum	Coletada no trecho após o evento (N da amostra)	Ecologia	Registros na bacia de acordo com vouchers da coleção e dados da literatura
			Ampla distribuição nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Doce (Vieira et al. 2015).
<i>Hypostomus luetkeni</i> – Cascudo lageado	Sim (1)	Raspadores de fundo	As coletas da RRDM foram o primeiro registro da espécie na bacia do rio Doce.
<i>Loricariichthys anus</i> – Cascudo-viola	Não	Raspadores de fundo	Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Ampla distribuição nas bacias costeiras do Sudeste do Brasil, Uruguai e baixo Paraná. Registros coleções Alto: MZUFV 1282, 1579, 1580 – Cachoeira do Inferno, Rio Casca; 1697 – Cachoeira do Emboque, Rio Matipó, Raul Soares
<i>Loricariichthys castaneus</i> – Cascudo-viola	Sim (10)	Raspadores de fundo	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Distribuição em riachos costeiros do sudeste do Brasil, entre São Paulo e Espírito Santo. Registros coleções Alto: MZUFV 4298, 4332 – UHE Candonga Baixo: MZUFV 4598 – Rio Guandu, Laranja da Terra; MZUFV 4818 – Rio Doce, Aimorés.
<i>Pseudauchenipterus affinis</i>	Sim (4)		Registros coleções Alto: MZUFV 2125, MZUFV 2126 – UHE Brito, Ponte Nova; MZUFV 4377 – UHE Candonga, Rio Doce. Baixo: MZUFV 4816 – Rio Doce, Aimorés.
<i>Steindachneridion doceanum</i> –surubim do Rio Doce	Não	Predador de topo	Fricke, Fricke, Eschmeyer, & Van der Laan, 2019 Síntipos: MCZ 23792-94 coletados entre Linhares e Aimorés no Rio Doce. Registros coleções Alto: MZUFV 2027 – Rio Piranga, Guaraciaba; MZUFV 3170 – UHE Brito, Ponte Nova; MZUFV 3617 – Rio Piranga. Médio: MZUFV 3710, MZUFV 3727 – Rio Santo Antônio, Ferros.

Fonte: Autoria própria.

Das 36 espécies exóticas citadas para o Rio Doce de acordo com o relatório de dados pretéritos, 14 foram registradas. Assim como nas espécies nativas, a maior parte dos registros foi de espécies piscívoras e onívoras. Espécies exóticas detritívoras ou raspadores de fundo ocorreram em baixa frequência ou não foram coletadas. A espécie exótica mais abundante foi a Tilápia *Oreochromis niloticus*. Além disso, quatro espécies exóticas que ainda não haviam sido citadas para a bacia do Rio Doce foram registradas: o Pacu CD *Metynnis lippincottianus*, o Cascudo-abacaxi *Pterygoplichthys etentaculatus*, a Piranha-de-barriga-vermelha *Pygocentrus piraya* e a Piapara *Megaleporinus elongatus*. Duas delas são classificadas como onívoras, uma piscívora e uma detritívora (Quadro 4). A espécie detritívora *P. etentaculatus* apresentou apenas dois registros, o onívoro *M. elongatus* foi representado por apenas um registro, enquanto *P. piraya* e *M. lippincottianus* foram representadas por 12 e 80 exemplares respectivamente.

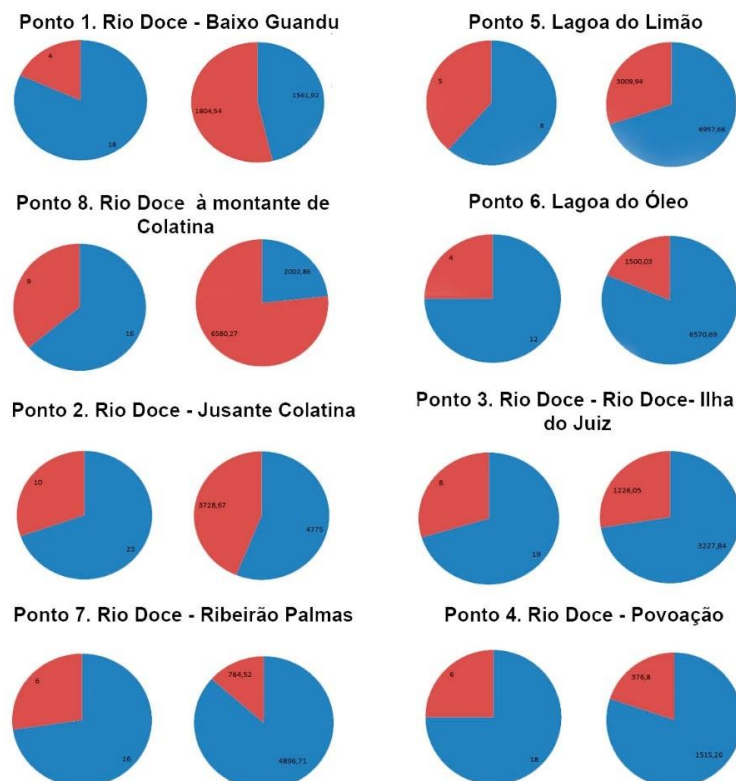


### 1.4.2 Composição da ictiofauna da bacia do Rio Doce nos oito pontos amostrados no trecho capixaba

Em todos os oito pontos amostrados, houve uma predominância em número de espécies nativas em relação às espécies exóticas (Figura 2). No entanto, nos pontos 01 (Rio Doce – Baixo Guandu) e 08 (Rio Doce - Colatina) a biomassa de exóticos é muito maior do que a da ictiofauna nativa, representando respectivamente 54% e 77% do total de espécimes amostrados. O ponto 01 é o mais próximo à barragem de Mascarenhas, aparentemente, está fortemente influenciado pelas condições de jusante das barragens. No ponto 02 (Rio Doce próximo à Lagoa do Óleo – Colatina) apesar das espécies exóticas representarem 30% da riqueza da ictiofauna, a biomassa das mesmas representa mais de 75% da composição dos espécimes amostrados.

Em contraste, no ponto 07 (Ribeirão Palmas – Linhares) em ambiente de riacho, e nos pontos 06 (Lagoa do Óleo - Colatina) e 05 (Lagoa do Limão - Colatina) em ambientes lacustres, há predominância tanto em número (73%, 75% e 62% respectivamente) quanto em biomassa (86%, 81% e 70% respectivamente) de espécies nativas. Essa mesma tendência só foi observada na calha principal do Rio Doce nos pontos 03 (Rio Doce – próximo à Fazenda Três Marias) e 04 (Rio Doce - Povoação), com respectivamente 70% e 75% de espécies nativas e 72% e 80% de biomassa das mesmas.

Figura 2: Composição e biomassa da ictiofauna da bacia do Rio Doce no trecho capixaba para cada ponto de amostragem. Em azul, espécies nativas e em vermelho estão representadas as espécies exóticas. Em cada ponto de amostragem, os gráficos à esquerda em cada ponto de amostragem, representam a riqueza de espécies; os gráficos à direita representam a biomassa de espécimes coletados.



Fonte: Autoria própria.

#### 1.4.3 DNA *barcode* dos peixes do trecho capixaba do Rio Doce

Até o presente momento, 167 amostras pertencentes a nove ordens, 22 famílias, 41 gêneros e 50 espécies foram utilizadas para estabelecer o DNA *barcode* dos peixes do Rio Doce. Desse total, 15 espécies foram representadas por somente um indivíduo; seis por dois indivíduos; três por três indivíduos; seis por quatro indivíduos e 20 por cinco indivíduos. Em 13 amostras pertencentes a quatro espécies, o sequenciamento falhou.

As sequências obtidas variaram em tamanho, apresentando entre 492 e 705 pares de bases. Até o momento, somente a sequência *forward* foi obtida. Um banco de dados contendo 1.148 sequências foi criado para realização das análises de delimitação de espécies. Este banco é composto pelas 154 sequências de *COI* obtidas neste estudo, mais 116 sequências provenientes do trabalho de Sales et al. (2018), com peixes da bacia do rio Doce e 878 sequências do NCBI (Genbank) das mesmas espécies coletadas durante o trabalho.

A maioria das espécies sequenciadas formaram clusters monofiléticos (Figura 3). No entanto algumas espécies mostraram alguns níveis de incongruências taxonômicas no agrupamento dos clusters (Neighbor-Joining) e na análise de delimitação de espécies (Figura 4). Uma possível explicação para essas incongruências pode estar relacionada a baixa capacidade do *COI* em delimitar alguns táxons com divergência recente como os peixes-rei na bacia do Rio Tramandaí por exemplo (Wingert, 2015). De acordo com a autora o marcador *COI* não varia o suficiente quando o evento de especiação é recente, o que pode ter sido o caso dos *Oligosarcus argenteus* e *Oligosarcus acutirostris* e de algumas das espécies de *Astyanax* nesse estudo.

Figura 3A a C: Árvore Bayesiana de Máxima Credibilidade das espécies de peixes coletadas no rio Doce. As colunas coloridas representam a delimitação das linhagens utilizando quatro métodos de descoberta de espécies baseada em um único locus (COI). Nomes destacados em vermelho representam haplótipos únicos das espécies analisadas no presente trabalho e os demais foram obtidos de bancos de dados genéticos (Genbank e Bold).

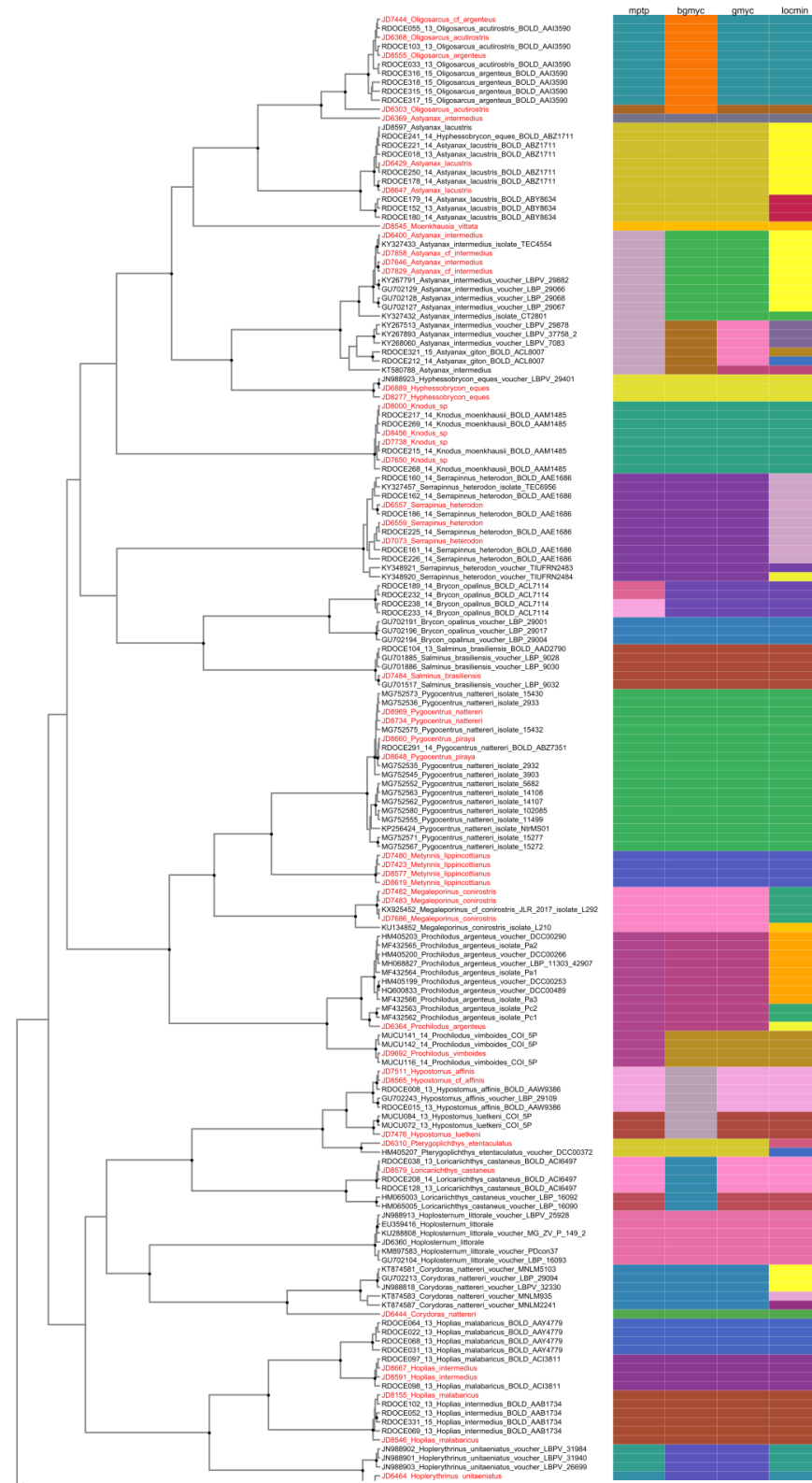


Figura 3B – Continuação.

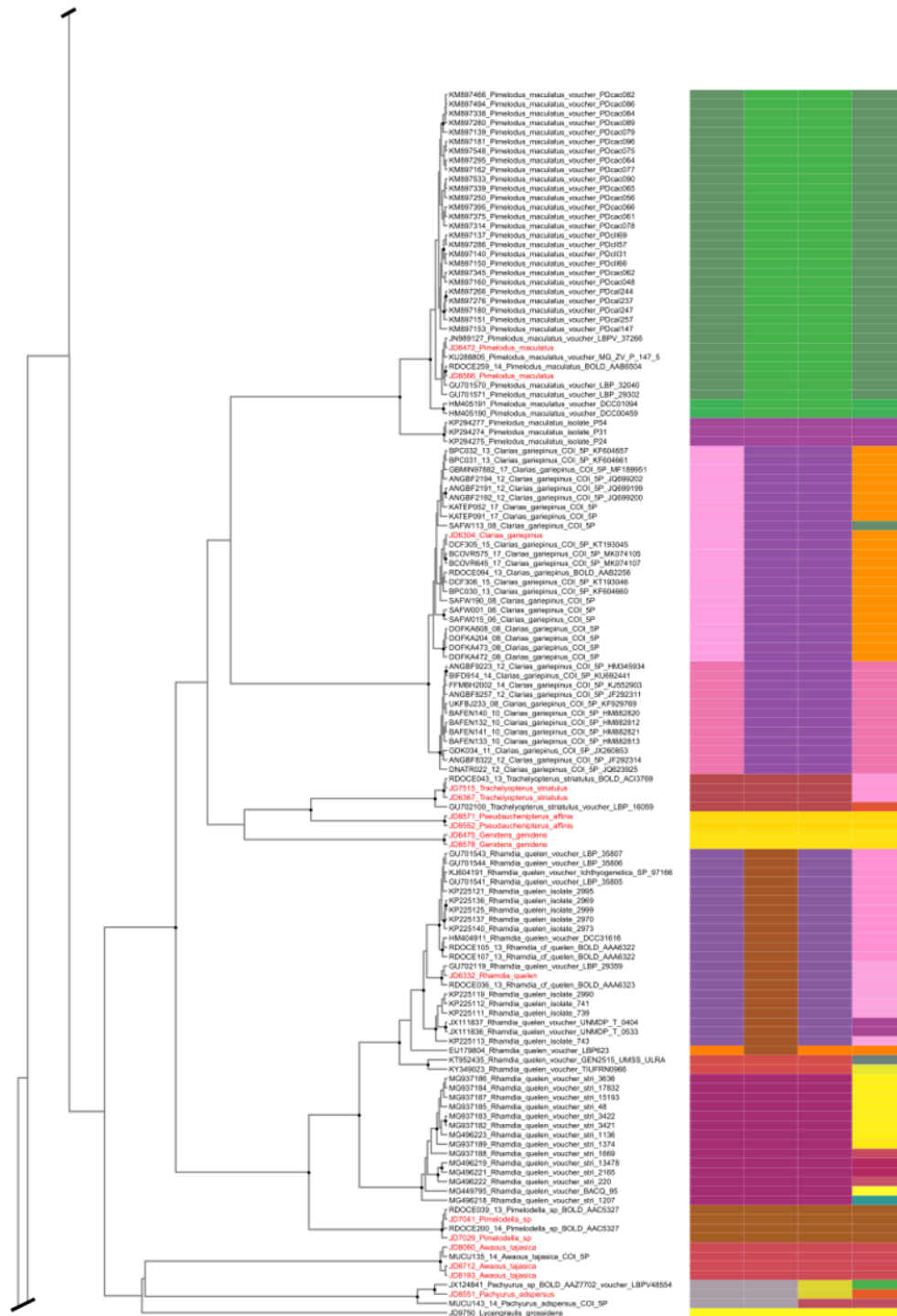
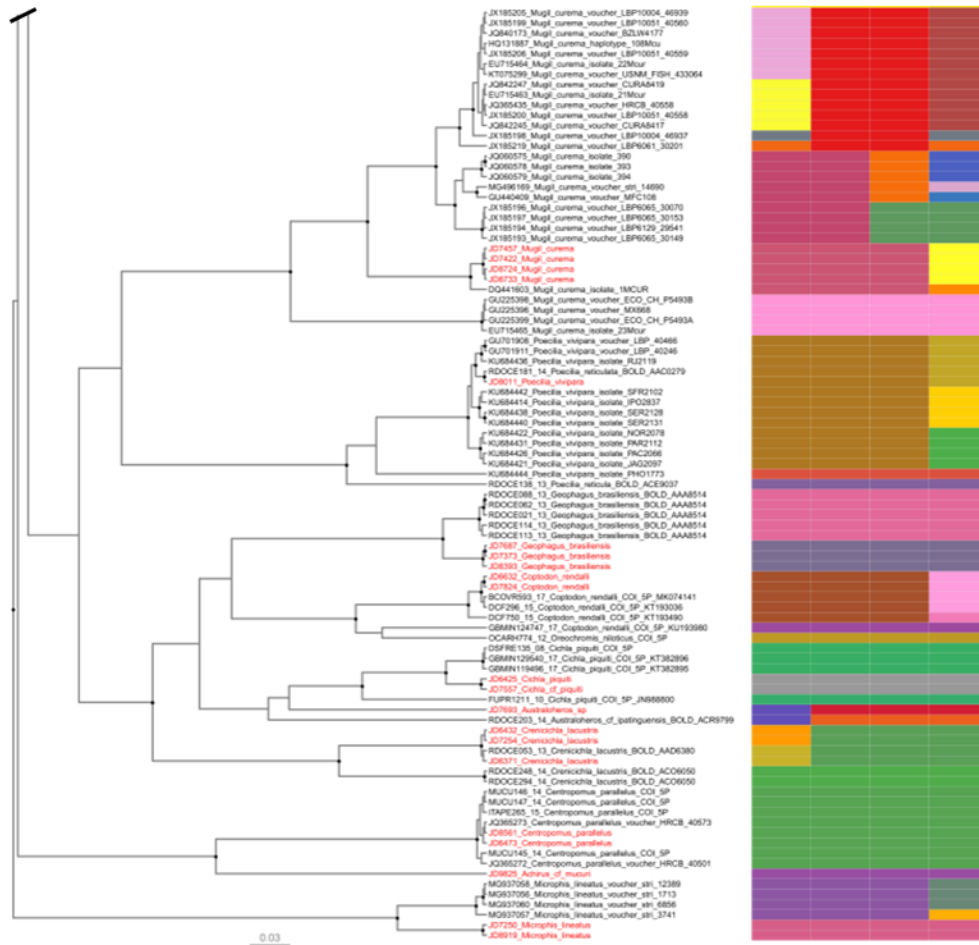
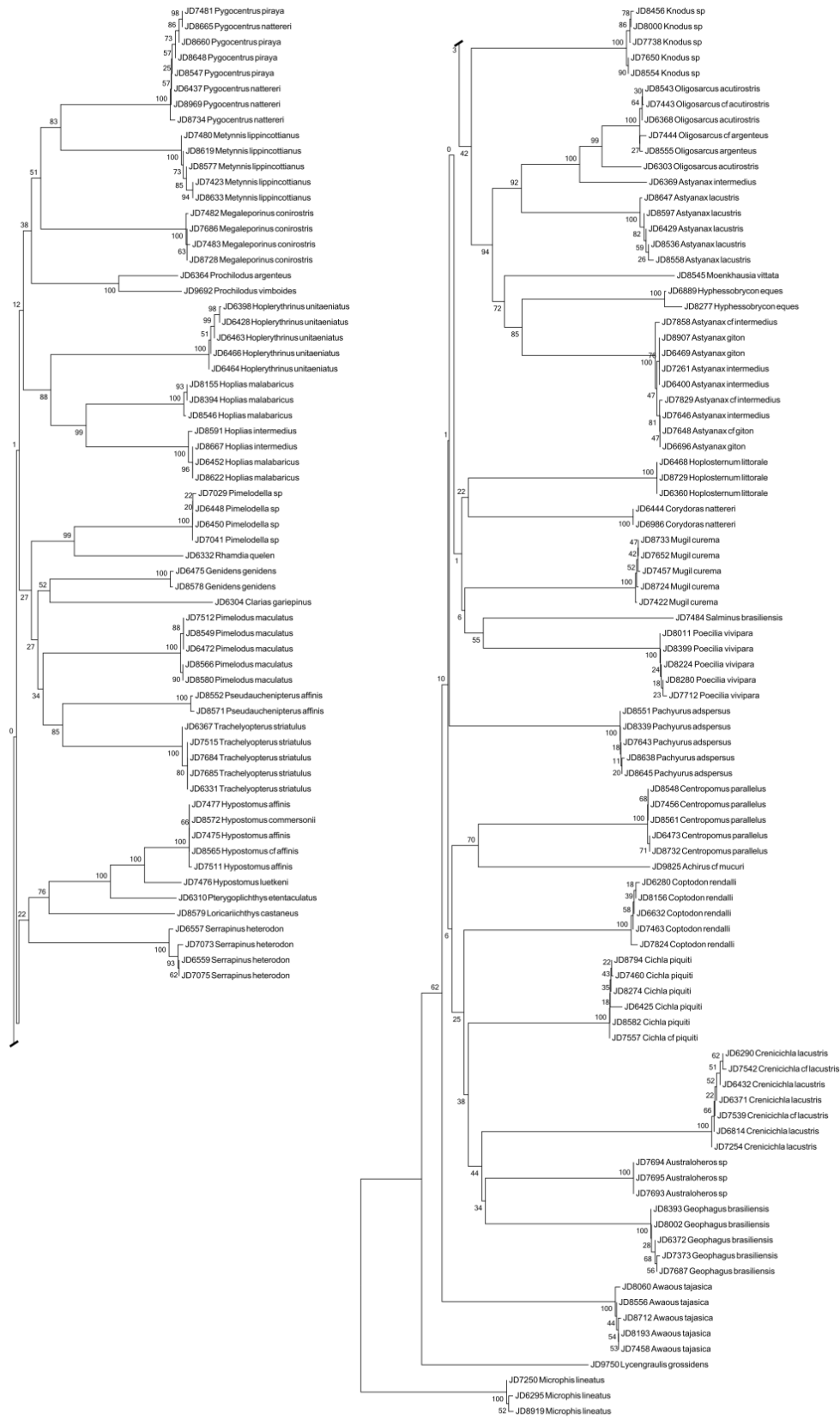


Figura 3C – Continuação.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4: Dendrograma parcial de Neighbor-joining gerado a partir das seqüências de *COI* de 154 espécimes coletados na bacia do Rio Doce durante as expedições da RRDm anexo 7.



Fonte: Autoria própria.

Outra questão que deve ser considerada é a possível hibridização entre espécies do mesmo gênero. *Pygocentrus nattereri* e *P. piraya* formaram um único cluster tanto na análise de agrupamento de vizinhos quanto na delimitação, onde os quatro métodos foram concordantes em delimitá-las como um único táxon. A distância genética entre as duas espécies foi de 0% enquanto as distâncias dentro de cada uma variaram de 0.29% (*P. nattereri*) a 0.47% em *P. piraya* (Quadro 7). Morfologicamente, essas duas espécies são muito diferentes, mas existem relatos de espécimes com fenótipos em mosaico - piranha preta com o ventre avermelhado- (Frederico Ferreira, comunicação pessoal), o que pode ser indício da existência de híbridos entre estas duas espécies de piranha. Pelo fato dessas espécies não serem nativas da bacia do rio Doce, foram acrescentadas ao banco de dados sequências de *P. nattereri* das bacias do Amazonas e Tocantins-Araguaia, de *P. piraya* do São Francisco e sequências de *P. cariba* da bacia do Orinoco para comparações. Os espécimes identificados morfologicamente como *P. nattereri* e *P. piraya* coletados na bacia do Rio Doce agruparam-se com uma linhagem de *P. nattereri* da bacia do rio Tocantins-Araguaia identificada no trabalho de Machado et al. (2018). Como as distâncias inter e intraespecíficas com a linhagem de *P. nattereri* do Tocantins-Araguaia foram baixas (0.1%) podemos deduzir que as piranhas (*P. nattereri*) coletadas no rio Doce são espécimes de *P. nattereri* introduzidos nessa bacia a partir de populações do rio Tocantins-Araguaia. Se as duas espécies foram introduzidas na bacia do Rio Doce e se hibridizaram, a hibridização teria que ser unidirecional o que explicaria a observação somente do DNA mitocondrial de *P. nattereri*.

Quadro 6: Espécies exóticas citadas nos estudos pretéritos e com registro esperado para o trecho capixaba.

<b>Espécie – Nome comum</b>	<b>Coletada no trecho após o evento (N da amostra)</b>	<b>Ecologia</b>	<b>Registro na bacia</b>
<i>Leporinus macrocephalus</i> – Piaçu	Não	Onívoro	Vieira 2006; Alves et al. 2007
<i>Brycon amazonicus</i> – Matrinxã	Não	Onívoro	Registrado na escada de transposição de peixes na UHE Risoleta Neves em 2011 e 2012
<i>Salminus brasiliensis</i> – Dourado	Sim (2)	Carnívoro	Vieira 2006; Alves et al. 2007
<i>Hyphessobrycon eques</i> – Mato-Grosso	Sim (679)	Zooplactívoro	Alves et al. 2007
<i>Hoplias intermedius</i> - Trairão	Sim (13)	Piscívoro	Alves et al. 2007
<i>Prochilodus argenteus</i> – Curimba	Sim (5)	Detritívoro	Barros et al. 2012
<i>Prochilodus costatus</i> - Curimba	Sim (1)	Detritívoro	Vieira 2006; Alves et al. 2007
<i>Colossoma macropomum</i> - Tambaqui	Não	Hebívoros	Latini et al 2005; Alves et al. 2007
<i>Piaractus mesopotamicus</i> – Pacu	Não	Onívoro	Alves et al. 2007
<i>Metynnis maculatus</i> – CD, Pacuzinho	Não	Herbívoros	Alves et al. 2007
<i>Pygocentrus nattereri</i> – Piranha vermelha	Sim (72)	Carnívoro	Godinho et al. 1994; Latini et al 2005; Alves et al. 2007; Pinto Coelho 2008
<i>Astronotus ocellatus</i> – Oscar	Não	Detritívoro	Alves et al. 2007

Espécie – Nome comum	Coletada no trecho após o evento (N da amostra)	Ecologia	Registro na bacia
<i>Cichla kelberi</i> - Tucunaré	Não	Piscívoro	Santos, 2008
<i>Cichla monoculus</i> – Tucunaré	Sim (526)	Carnívoro	Godinho et al. 1994; Latini et al 2005; Pinto Coelho 2008
<i>Cichla ocellaris</i> – Tucunaré	Não	Piscívoro	Alves et al. 2007
<i>Parachromis managuensis</i> – Acará-onça/ Tucunaré preto	Não	Piscívoro	Barros et al. 2012
<i>Oreochromis niloticus</i> – Tilápia	Sim (2320)	Detritívoro	Latini et al 2005, Vieira 2006
<i>Coptodon rendalli</i> – Tilápia	Sim (241)	Herbívoros	Vieira 2006; Alves et al. 2007
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> – Carpa cabeça-grande	Não	Detritívoro	Alves et al. 2007
<i>Ctenopharingodon idella</i> – Carpa-capim	Não	Detritívoro	Alves et al. 2007
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> – Carpa prateada	Não	Detritívoro	Alves et al. 2007
<i>Poecilia reticulata</i> - Guppy	Não	Detritívoro	Vieira, 2006; Barros et al. 2012
<i>Xiphophorus hellerii</i> - Espadinha	Não	Detritívoro	Alves et al. 2007
<i>Lepomis gibbosus</i> – Perca-sol	Não	Detritívoro	Alves et al. 2007
<i>Micropterus salmoides</i> - Blackbass	Não	Piscívoro	Alves et al. 2007
<i>Plagioscion squamosissimus</i> – Pescada-do-Piauí	Não	Piscívoro	Barros et al. 2012
<i>Hoplosternum littorale</i> – Tamboatá	Sim (10)	Invertívoro	Latini et al. 2005; Vieira 2006; Pinto Coelho 2008; Barros et al. 2012
<i>Clarias gariepinus</i> – Bagre-africano	Sim (1)	Onívoro	Latini et al. 2005; Vieira 2006; Alves et al. 2007
<i>Ictalurus punctatus</i> – Channel-catfish	Não	Piscívoro	Alves et al. 2007
<i>Pogonopoma wertheimeri</i> – Cascudo preto	Não	Detritívoro	Vieira 2006
<i>Lophiosilurus alexandri</i> – Pacumã	Sim (1)	Piscívoro	Vieira 2006
<i>Pimelodus maculatus</i> – Mandi amarelo	Sim (94)	Onívoro	Vieira 2006
<i>Pseudoplatystoma</i> sp. – Ponto-e-vírgula; Surubim	Não	Piscívoro	Vieira 2006
<i>Synbranchus marmoratus</i> – Muçum	Sim (1)	Piscívoro	Dergam, J. Comunicação pessoal
<i>Cyprinus carpio</i> - Carpa	Não	Detritívoro	Alves et al. 2007

Fonte: Autoria própria.

Três táxons analisados no presente estudo foram identificados apenas no nível de gênero: *Pimelodella* sp., *Knodus* sp., e *Australoheros* sp. Baseado nas comparações com sequências obtidas do Genbank e do trabalho de Sales et al. (2018), *Knodus* sp. pode ser identificada como *K. moenkhausii* pelos quatro métodos de delimitação. No entanto, os espécimes coletados neste estudo não apresentam os caracteres morfológicos diagnósticos de *K. moenkhausii*, o que nos leva a concluir que possivelmente

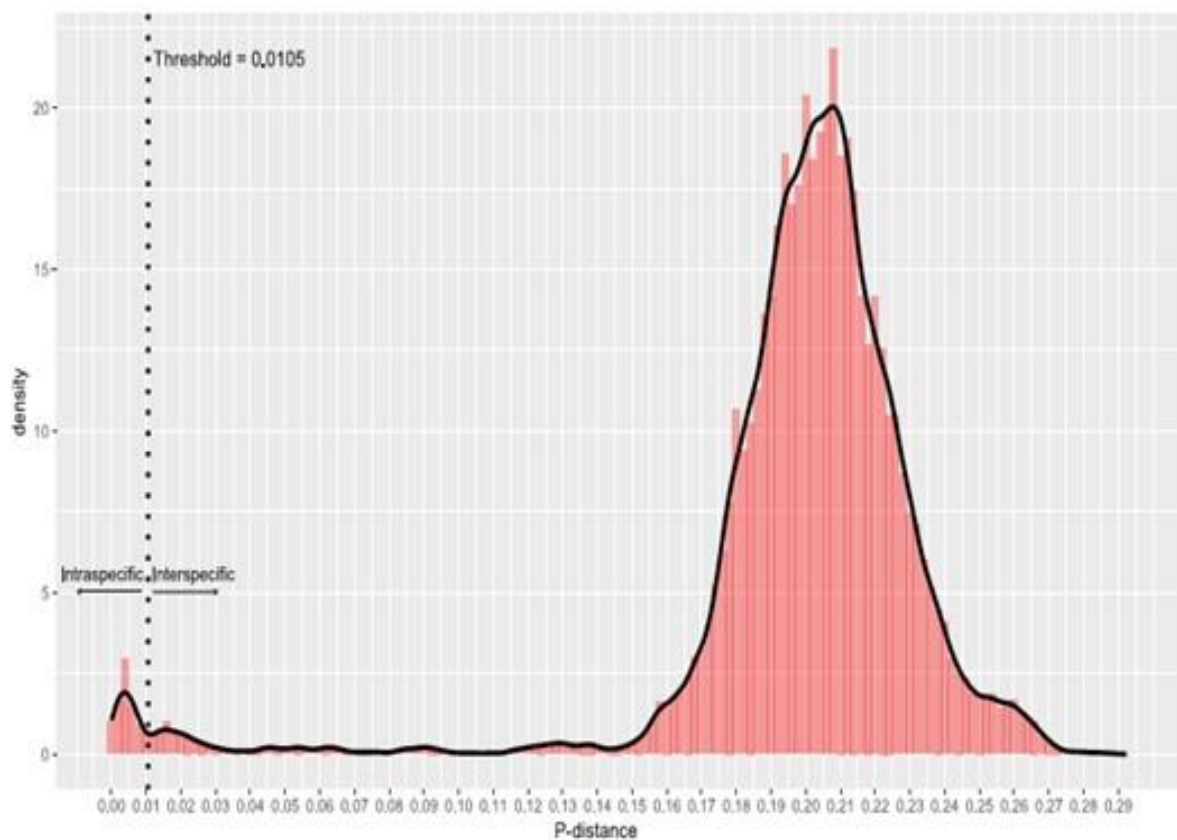


Sales e colaboradores identificaram erroneamente suas amostras de *Knodus. Pimelodella* sp. agrupou-se com outras duas sequências do Rio Doce identificadas apenas no nível de gênero (*Pimelodella* sp.) e, as sequências de *Australoheros* sp. formaram um cluster mais relacionado com *A. cf. ipatinguensis*, a qual ocorre também no rio Doce.

Os espécimes de *Geophagus brasiliensis* analisados em nosso estudo mostraram uma divergência de 5.5% com *G. brasiliensis* do trabalho de Sales et al. (2018) coletados na porção alta da bacia do Rio Doce. Essa divergência já era esperada, uma vez que *G. brasiliensis* é na verdade um complexo de espécies amplamente distribuídas pela América do Sul. Alves-Dias e Dergam (2015) encontraram divergência de pelo menos 10% entre espécimes de *G. brasiliensis* no médio Rio Doce.

De maneira geral mais de 40% das espécies analisadas apresentaram distâncias genéticas intraespecíficas entre 0 e 1.0% enquanto apenas 5% apresentaram altos níveis de diversidade intraespecífica. As análises mostraram que o DNA *barcoding* foi eficiente na delimitação da maioria das espécies utilizadas da bacia do Rio Doce (Figura 5, Quadro 7).

Figura 5: Histograma das distâncias genéticas inter e intraespecíficas (*barcoding gap*) das espécies de peixes coletadas na bacia do rio Doce durante as expedições da RRDM anexo 7.



Fonte: Autoria própria

Quadro 7: Estatística das análises das espécies de peixes do rio Doce incluindo da esquerda para a direita: nome da espécie, número de indivíduos incluídos na análise, tamanho da sequência em pares de bases, máxima divergência intraespecífica, mínima distancia interespecífica, táxon com a menor distancia interespecífica e monofilia.

	Species	Individuals	Size (bp)	Max_intra (%)	Min_inter (%)	Nonconnames	Monophyletic
1	<i>Achirus_cf_mucuri</i>	1	678	0	18.425	<i>Megaleporinus_conirostris</i>	Singleton
2	<i>Astyanax_cf_giton</i>	1	671	0	0	<i>Astyanax_intermedius; Astyanax_giton</i>	Singleton
3	<i>Astyanax_cf_intermedius</i>	2	671	0.762	0.152	<i>Astyanax_intermedius; Astyanax_cf_giton; Astyanax_giton</i>	FALSE
4	<i>Astyanax_giton</i>	3	671	0.298	0	<i>Astyanax_intermedius; Astyanax_cf_giton</i>	FALSE
5	<i>Astyanax_intermedius</i>	4	671	17.885	0	<i>Oligosarcus_acutirostris; Astyanax_giton; Astyanax_cf_giton</i>	FALSE
6	<i>Astyanax_lacustris</i>	5	686	0.35	12.31	<i>Oligosarcus_acutirostris; Oligosarcus_cf_acutirostris</i>	TRUE
7	<i>Australoheros_sp</i>	3	690	0	15.169	<i>Cichla_piquiti</i>	TRUE
8	<i>Awaous_tajasica</i>	5	654	0.459	16.72	<i>Pimelodus_maculatus</i>	TRUE
9	<i>Centropomus_parallelus</i>	5	696	0.144	17.518	<i>Cichla_cf_piquiti; Cichla_piquiti</i>	TRUE
10	<i>Cichla_cf_piquiti</i>	1	685	0	0	<i>Cichla_piquiti</i>	Singleton
11	<i>Cichla_piquiti</i>	5	685	0.738	0	<i>Cichla_cf_piquiti</i>	TRUE
12	<i>Clarias_gariepinus</i>	1	608	0	15.625	<i>Genidens_genidens</i>	Singleton
13	<i>Coptodon_rendalli</i>	5	702	0.522	16.987	<i>Cichla_piquiti</i>	TRUE
14	<i>Corydoras_nattereri</i>	2	700	0	17.325	<i>Astyanax_lacustris</i>	TRUE
15	<i>Crenicichla_cf_lacustris</i>	2	645	0	0	<i>Crenicichla_lacustris</i>	TRUE
16	<i>Crenicichla_lacustris</i>	5	673	0.158	0	<i>Crenicichla_cf_lacustris</i>	TRUE
17	<i>Genidens_genidens</i>	2	704	0.284	13.774	<i>Trachelyopterus_striatulus</i>	TRUE
18	<i>Geophagus_brasiliensis</i>	5	628	0.355	16.667	<i>Cichla_cf_piquiti; Cichla_piquiti</i>	TRUE
19	<i>Hoplerthrinus_unitaeniatus</i>	5	700	0	16.143	<i>Hoplias_malabaricus; Hoplias_intermedius</i>	TRUE
20	<i>Hoplias_intermedius</i>	2	700	0.280	11.439	<i>Hoplias_malabaricus</i>	TRUE
21	<i>Hoplias_malabaricus</i>	5	700	0.429	11.439	<i>Hoplias_intermedius</i>	TRUE
22	<i>Hoplosternum_littorale</i>	3	680	0	18.685	<i>Hypostomus_luetkeni</i>	TRUE
23	<i>Hyphessobrycon_eques</i>	2	687	1.017	15.201	<i>Astyanax_intermedius; Astyanax_cf_giton; Astyanax_giton</i>	TRUE
24	<i>Hypostomus_affinis</i>	3	704	0.142	0	<i>Hypostomus_cf_affinis; Hypostomus_commersonii</i>	TRUE
25	<i>Hypostomus_cf_affinis</i>	1	704	0	0	<i>Hypostomus_affinis; Hypostomus_commersonii</i>	Singleton
26	<i>Hypostomus_commersonii</i>	1	704	0	0	<i>Hypostomus_cf_affinis; Hypostomus_affinis</i>	FALSE
27	<i>Hypostomus_luetkeni</i>	1	693	0	4.473	<i>Hypostomus_cf_affinis; Hypostomus_affinis; Hypostomus_commersonii</i>	Singleton
28	<i>Knodus_sp</i>	5	704	0.434	16.335	<i>Genidens_genidens</i>	TRUE

	Species	Individuals	Size (bp)	Max_intra (%)	Min_inter (%)	Nonconnames	Monophyletic
29	<i>Loricariichthys castaneus</i>	1	568	0	13.732	<i>Hypostomus luetkeni</i>	Singleton
30	<i>Lycengraulis grossidens</i>	1	703	0	17.923	<i>Genidens genidens</i>	Singleton
31	<i>Megaleporinus conirostris</i>	4	661	0.324	14.333	<i>Pygocentrus nattereri</i>	TRUE
32	<i>Metynnis lippincottianus</i>	5	685	0.438	12.701	<i>Pygocentrus piraya</i> ; <i>Pygocentrus nattereri</i>	TRUE
33	<i>Microphis lineatus</i>	3	704	0.476	20.575	<i>Lycengraulis grossidens</i> ; <i>Megaleporinus conirostris</i>	TRUE
34	<i>Moenkhausia vittata</i>	1	636	0	16.478	<i>Oligosarcus argenteus</i>	Singleton
35	<i>Mugil curema</i>	5	704	0.284	17.365	<i>Pygocentrus piraya</i>	TRUE
36	<i>Oligosarcus acutirostris</i>	3	700	4.286	0	<i>Oligosarcus cf acutirostris</i> ; <i>Oligosarcus argenteus</i>	TRUE
37	<i>Oligosarcus argenteus</i>	1	687	0	0.291	<i>Oligosarcus acutirostris</i> ; <i>Oligosarcus cf acutirostris</i>	Singleton
38	<i>Oligosarcus cf acutirostris</i>	1	687	0	0	<i>Oligosarcus acutirostris</i>	Singleton
39	<i>Oligosarcus cf argenteus</i>	1	623	0	0.482	<i>Oligosarcus acutirostris</i> ; <i>Oligosarcus cf acutirostris</i> ; <i>Oligosarcus argenteus</i>	Singleton
40	<i>Pachyurus adspersus</i>	5	704	0	17.031	<i>Serrapinus heterodon</i>	TRUE
41	<i>Pimelodella sp</i>	4	704	0.148	12.408	<i>Rhamdia quelen</i>	TRUE
42	<i>Pimelodus maculatus</i>	5	704	0.284	15.057	<i>Genidens genidens</i> ; <i>Trachelyopterus striatulus</i>	TRUE
43	<i>Poecilia vivipara</i>	5	679	0	18.262	<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i>	TRUE
44	<i>Prochilodus argenteus</i>	1	687	0	6.696	<i>Prochilodus vimboides</i>	Singleton
45	<i>Prochilodus vimboides</i>	1	687	0	6.696	<i>Prochilodus argenteus</i>	Singleton
46	<i>Pseudauchenipterus affinis</i>	2	704	0.284	13.774	<i>Trachelyopterus striatulus</i>	TRUE
47	<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i>	1	704	0	7.67	<i>Hypostomus cf affinis</i> ; <i>Hypostomus affinis</i> ; <i>Hypostomus commersonii</i>	Singleton
48	<i>Pygocentrus nattereri</i>	4	694	0.474	0	<i>Pygocentrus piraya</i>	FALSE
49	<i>Pygocentrus piraya</i>	4	690	0.299	0	<i>Pygocentrus nattereri</i>	FALSE
50	<i>Rhamdia quelen</i>	1	704	0	12.408	<i>Pimelodella sp</i>	Singleton
51	<i>Salminus brasiliensis</i>	1	687	0	19.068	<i>Hoplias malabaricus</i>	Singleton
52	<i>Serrapinus heterodon</i>	4	687	0.98	15.608	<i>Loricariichthys castaneus</i>	TRUE
53	<i>Trachelyopterus striatulus</i>	5	704	0.189	13.774	<i>Pseudauchenipterus affinis</i> ; <i>Genidens genidens</i>	TRUE

Fonte: Autoria própria.

#### 1.4.4 Genética de populações (Microsatélites)

Quinze espécies foram selecionadas de acordo com a abundância e ocorrência na bacia, seguindo os critérios previstos no plano de trabalho, ou seja, incluindo tanto espécies migradoras quanto não-migradoras de diferentes famílias para as análises de genética de populações (Quadro 8); 414 amostras já foram selecionadas.

Quadro 8: Lista de espécies selecionadas para estudos genético-populacionais usando marcadores microsatélites. Estão indicados a classificação taxonômica em nível de ordem e família e o comportamento migratório de cada espécie.

N	Espécies	Ordem	Família	Espécie migradora
1	<i>Astyanax giton</i>	Characiformes	Characidae	NÃO
2	<i>Astyanax intermedius</i>	Characiformes	Characidae	NÃO
3	<i>Astyanax lacustris</i>	Characiformes	Characidae	NÃO
4	<i>Axyanax sp1</i>	Characiformes	Characidae	NÃO
5	<i>Prochilodus vimboides</i>	Characiformes	Prochilodontidae	SIM
6	<i>Geophagus brasiliensis</i>	Cichliformes	Cichlidae	NÃO
7	<i>Hoplias malabaricus</i>	Characiformes	Erythrinidae	NÃO
8	<i>Hypostomus affinis</i>	Siluriformes	Loricariidae	NÃO
9	<i>Knodus sp.</i>	Characiformes	Characidae	NÃO
10	<i>Loricariichthys castaneus</i>	Siluriformes	Loricariidae	NÃO
11	<i>Pachyurus adspersus</i>	Perciformes	Sciaenidae	SIM
12	<i>Brycon dulcis</i>	Characiformes	Bryconidae	SIM
13	<i>Brycon opalinus</i>	Characiformes	Bryconidae	SIM
14	<i>Poecilia vivipara</i>	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	NÃO
15	<i>Rhamdia quelen</i>	Siluriformes	Pimelodidae	SIM

Fonte: Autoria própria.

Uma pesquisa sobre a disponibilidade dos genomas das espécies alvo ou de espécies filogeneticamente próximas foi realizada em bancos de dados públicos, etapa necessária para posterior desenho dos *primers* de microsatélites. Foram encontrados genomas de duas das espécies alvo desse trabalho: *Astyanax mexicanus* da família Characidae e *Poecilia reticulata* da família Poeciliidae. De posse desses genomas foram pesquisadas regiões repetitivas do tipo microsatélites e posteriormente foram feitas análises *in silico* que viabilizaram o desenho e posterior seleção dos *primers* para cada uma das duas espécies com genoma completo disponível. O tamanho do genoma e o número de microsatélites encontrados em cada espécie são mostrados no Quadro 9.

Quadro 9: Tamanho do genoma das espécies relacionadas às espécies-alvo com genoma completo disponível. O número de microssatélites simples, perfeitos e do tipo dinucleotídeo são fornecidos para cada espécie.

Espécie com genoma disponível	Tamanho do genoma (pb)	Número de microssatélites encontrados	Número de loci selecionados
<i>Astyanax mexicanus</i>	1.20x10 <sup>9</sup>	1.55x10 <sup>5</sup>	30
<i>Poecilia reticulata</i>	0.69x10 <sup>9</sup>	0.36x10 <sup>5</sup>	30

Fonte: Autoria própria.

Foram selecionados aleatoriamente 1000 *loci* de microssatélites perfeitos, com o mínimo de 10 repetições, espalhados pelo genoma de cada uma das espécies, mas representando todos os *linkage groups* caso essa informação estivesse disponível. Os *primers* foram desenhados para todos os 1000 loci, e sujeitos a triagem posterior com o objetivo de maximizar a variabilidade interespecífica, e assim a utilidade deles para as análises genético - populacionais. Os critérios para seleção foram: temperatura de anelamento dos dois primers entre 59 e 61 °C, tamanho de cada primer entre 19 e 21 bp, ausência de regiões repetitivas e homopolímeros com mais de três nucleotídeos em cada primer, no mínimo 15 e no máximo 25 repetições perfeitas, tamanho total do amplicon entre 200 e 250 bp. Após essa triagem, permanecemos com 55 loci para *Astyanax mexicanus* e 56 loci para *Poecilia reticulata*. Enviamos para síntese 30 loci para cada espécie. Conforme nossa experiência previa, isso garante que obteremos no mínimo 10 loci polimórficos para cada uma.

Ainda que tais *primers* não tenham sido desenhados especificamente para cada espécie-alvo (devido ao atraso na escolha e recebimento das mesmas onde a escolha só foi possível após a realização de várias campanhas), isso não representará um obstáculo para geração dos dados para as análises genético-populacionais (e.g. Isagi e Suhandono, 1997; White e Powell, 1997), inclusive baseado nas experiências próprias do nosso laboratório (Muniz et al., 2019).

Para as demais espécies estamos no processo de preparo das bibliotecas genômicas baseadas no DNA genômico enriquecido para elementos repetitivos. As bibliotecas serão sequenciadas, e após a triagem dos dados, serão usados os mesmos procedimentos descritos acima para o desenvolvimento dos microssatélites.

#### 1.4.5 Análises genético-populacionais preliminares com um gene mitocondrial (*COI*) e dois genes nucleares (*Glyt* e *Myh6*)

Além do citocromo c oxidase subunidade 1, foram sequenciados o gene nuclear Glycosyltransferase-*Glyt* (~860pb) de 51 indivíduos e o gene nuclear *Myh6* (~800pb) de 53 indivíduos para uma análise populacional preliminar. Os dados de um segundo gene mitocondrial (citocromo b, ~1148bp) estão sendo gerados. O número de indivíduos sequenciados por espécie e por gene são apresentados na Tabela 2. Embora o número de indivíduos utilizados nas análises populacionais tenha sido baixo, foi possível identificar que algumas espécies (*Astyanax giton*, *Astyanax intermedius*, *Crenicichla lepidota*, *Geophagus brasiliensis*, *Hoplias malabaricus*, *Rhamdia quelen*) apresentaram dois ou mais grupos separados com altos níveis de divergência genética, variando de 4% até 30%. Essas espécies também

apresentaram números elevados de sítios informativos para parcimônia, ou seja, indicativo de que mais de uma espécie/linhagem foi analisada sob o mesmo epíteto específico.

As espécies com maior número de haplótipos (hap), maior diversidade gênica (H) e diversidade nucleotídica no gene *COI* foram as do gênero *Astyanax*, *Geophagus brasiliensis* e *Hoplias malabaricus* (hap= 5-7 / H > 0.7). A espécie *Crenicichla lepidota* apresentou alta diversidade nucleotídica (0.0803 (0.0418)), porém níveis moderados de diversidade gênica (0.500 (0.136)), isso indica que os haplótipos estão distantes uns dos outros em muitos passos mutacionais, o que é um indicativo de forte estruturação genética ou existência de duas espécies diferentes analisadas sob o mesmo epíteto específico. Espécies que apresentam baixa diversidade genética estão mais vulneráveis do ponto de vista da conservação, pois possuem menor capacidade de adaptação a mudanças, como variações ambientais, desastres naturais ou ações antrópicas.

Tabela 2: Número de sequências dos genes nucleares *Glyt*, *Myh6* e mitocondrial *COI* obtidas até o momento, nas espécies de interesse.

N	Espécies	Seq nuDNA <i>Glyt</i>	Seq nuDNA <i>Myh6</i>	Seq mtDNA <i>COI</i>
1	<i>Astyanax giton</i>	4	6	4
2	<i>Astyanax intermedius</i>	4	4	6
3	<i>Astyanax lacustris</i>	0	3	5
4	<i>Astyanax</i> sp1	0	0	0
5	<i>Prochilodus vimboides</i>	0	0	0
6	<i>Geophagus brasiliensis</i>	4	3	5
7	<i>Hoplias malabaricus</i>	5	2	6
8	<i>Hypostomus affinis</i>	3	2	4
9	<i>Knodus</i> sp.	5	5	5
10	<i>Loricariichthys castaneus</i>	0	0	0
11	<i>Pachyurus adspersus</i>	5	5	5
12	<i>Brycon dulcis</i>	0	0	0
13	<i>Brycon opalinus</i>	0	0	0
14	<i>Poecilia vivipara</i>	5	5	5
15	<i>Rhamdia quelen</i>	1	1	1
	<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>53</b>	<b>46</b>

Fonte: Autoria própria.

Em geral, para os genes nucleares, são esperados menores níveis de polimorfismo em comparação com os genes mitocondriais, e por isso, não foi possível estimar os índices de diversidade para algumas espécies (Quadro 10 e 11). O gene nuclear *Glyt* (Quadro 10) apresentou maior nível de polimorfismo

que o gene *Myh6* (Quadro 11) e ambos apresentaram maior diversidade genética em espécies com mais de um grupo mitocondrial, corroborando os resultados das análises com o gene *COI*.

Quadro 10: Estatísticas sumárias de diversidade gênica e polimorfismo do gene *nuDNA Glyt* para cada uma das espécies-alvo estimadas no programa Arlequin. \*No Hap – número de haplótipos; \*\*Sítios polim – sítios polimórficos; Heter. Esperada – Heterozigosidade esperada; SD – Desvio Padrão (*Standard deviation*).

N	Espécies	Gene <i>nuDNA Glyt</i>					Frequência média dos nucleotídeos			
		Nº Hap*	Sítios polim	Diversidade gênica (SD)	Diversidade nucleotídica	Heter. esperada (SD)	T(U) (%)	C (%)	A (%)	G (%)
1	<i>Astyanax giton</i>	5	5	0.893 (0.086)	0.0033 (0.0023)	0.478 (0.069)	23.74	24.61	27.72	23.93
2	<i>Astyanax intermedius</i>	3	6	0.714 (0.123)	0.0038 (0.0026)	0.452 (0.058)	23.47	24.47	27.77	23.91
3	<i>Astyanax lacustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	<i>Geophagus brasiliensis</i>	2	4	0.500 (0.265)	0.0028 (0.0024)	0.500 (0.000)	20.88	24.68	28.90	25.54
5	<i>Hoplias malabaricus</i>	3	13	0.800 (0.164)	0.0110 (0.0072)	0.060 (0.000)	23.44	23.22	27.05	26.29
6	<i>Hypostomus affinis</i>	2	0	0.066 (0.314)	0.0008 (0.0010)	0.066 (0.000)	24.41	22.49	27.78	25.32
7	<i>Knodus sp.</i>	1	0	-	-	-	21.17	25.72	25.00	28.11
8	<i>Pachyurus adspersus</i>	1	0	-	-	-	20.60	23.73	28.31	27.35
9	<i>Poecilia vivipara</i>	1	0	-	-	-	19.39	17.35	34.18	29.08
10	<i>Rhamdia quelen</i>	1	0	-	-	-	22.78	24.16	27.91	25.16

Fonte: Autoria própria.

Quadro 11: Estatísticas sumárias de diversidade gênica e polimorfismo do gene *nuDNA Myh6* para cada uma das espécies-alvo estimadas no programa Arlequin. \*No Hap – número de haplótipos; \*\*Sítios polim – sítios polimórficos; Heter. Esperada – Heterozigosidade esperada; SD – Desvio Padrão (*Standard deviation*).

N	Espécies	Gene <i>nuDNA myh6</i>					Frequência média dos nucleotídeos			
		Nº Hap	Sítios polim	Diversidade gênica (SD)	Diversidade nucleotídica	Heter. esperada (SD)	T(U) (%)	C (%)	A (%)	G (%)
1	<i>Astyanax giton</i>	6	4	0.909 (0.046)	0.0029 (0.0019)	0.446 (0.115)	24.73	21.79	29.93	23.56
2	<i>Astyanax intermedius</i>	4	33	0.857 (0.082)	0.0173 (0.009)	0.432 (0.066)	24.7	21.72	29.87	23.71
3	<i>Astyanax lacustris</i>	-	-	-	-	-	24.5	21.4	29.5	24.6
4	<i>Hoplias malabaricus</i>	-	-	-	-	-	25.9	20.4	30.6	23.2
5	<i>Knodus sp.</i>	-	-	-	-	-	24.0	21.2	29.8	25.0
6	<i>Pachyurus adspersus</i>	-	-	-	-	-	21.1	25.2	28.3	25.3
7	<i>Poecilia vivipara</i>	3	4	0.714 (0.122)	0.0021 (0.0015)	0.428 (0.000)	19.9	25.3	28.8	25.8

Fonte: Autoria própria.

#### 1.4.6 Análise preliminar da dieta dos peixes do trecho capixaba do Rio Doce

Foram analisados 1.462 estômagos pertencentes a 38 espécies de peixes (Quadro 12). Foram encontrados 57 itens alimentares, que posteriormente foram agrupados em 23 categorias alimentares (Quadro 13):

Quadro 12: Espécies de peixe e itens alimentares.

Espécies	Itens Alimentares
<i>Astyanax giton</i> (AG)	ingeriu principalmente insetos de origem terrestre e uso mais esporádico de algas filamentosas; <b>insetívoro</b>
<i>Astyanax intermedius</i> (AI)	ingeriu principalmente insetos (terrestres e aquáticos) e em menor proporção algas filamentosas; <b>insetívoro</b>
<i>Axtyanax lacustris</i> (AL)	ingeriu grandes proporções de insetos de origem terrestre; <b>insetívoro</b>
<i>Australoheros</i> sp. (AU)	somente três exemplares analisados, ingeriram principalmente insetos aquáticos; <b>insetívoro</b>
<i>Awaous tajasica</i> (AT)	consumiu principalmente insetos aquáticos e algas filamentosas; <b>bentívoro</b>
<i>Centropomus parallelus</i> (CA)	o único indivíduo analisado ingeriu exclusivamente camarão; <b>invertívoro</b>
<i>Cichla</i> cf. <i>monoculus</i> (CP)	parece ser uma espécie carnívora, ingerindo principalmente peixe e camarão; <b>carnívoro / peixes consumidos que puderam ser identificados foram <i>Poecilia vivipara</i> e algum Cichlíformes</b>
<i>Clarias gariepinus</i> (CG)	o único exemplar analisado ingeriu sedimento, peixe e vegetal terrestre; <b>onívoro / o peixe ingerido era Siluriformes com espinho</b>
<i>Coptodon rendali</i> (CR)	ingeriram principalmente algas filamentosas e matéria orgânica vegetal; <b>herbívoro / ainda não foram observados ovos de outras espécies no trato digestivo desta espécie exótica; 3 estômagos continham <i>Poecilia vivipara</i> e algum Characiformes</b>
<i>Corydoras</i> aff. <i>aeneus</i> (CN)	ingeriu principalmente restos de insetos aquáticos e larvas de Coleoptera de origem terrestre; <b>insetívoro</b>
<i>Crenicichla</i> cf. <i>lepidota</i> (CL)	ingeriu principalmente peixes, aranhas e ninfas de Odonata; <b>carnívoro / peixes consumidos que puderam ser identificados foram <i>Poecilia vivipara</i></b>
<i>Genidens genidens</i> (GG)	o único exemplar analisado ingeriu quase exclusivamente matéria orgânica tanto de origem vegetal quanto animal; <b>bentófago</b>
<i>Geophagus brasiliensis</i> (GB)	consomem principalmente insetos aquáticos e moluscos; <b>insetívoro / há alguns exemplares que possuem morfologia um pouco diferente do padrão <i>Geophagus brasiliensis</i>, o que é curioso na dieta desses indivíduos é que eles consomem muito mais insetos aquáticos e bivalves o que não é tão comum pra <i>Geophagus</i>, isso é um indício de que não são <i>Geophagus</i> ou são uma linhagem diferente da que ocorre na porção superior da bacia (padrão congruente com dados moleculares obtidos neste estudo e por Alve-Dias e Dergam em 2015)</b>
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (HU)	os dois exemplares analisados ingeriram principalmente vegetal terrestre e aranhas; <b>onívoro</b>
<i>Hoplias intermedius</i> (HI)	ingeriram principalmente peixe e vegetal terrestre; <b>onívoro / peixes consumidos que puderam ser identificados foram <i>Poecilia vivipara</i> e algum Cichlíformes</b>
<i>Hoplias malabaricus</i> (HM)	ingeriu predominantemente peixe; <b>carnívoro / peixes consumidos que puderam ser identificados foram <i>Poecilia vivipara</i> e algum Cichlíformes</b>
<i>Hoplosternum littorale</i> (HL)	único indivíduo analisado ingeriu predominantemente camarão; <b>invertívoro</b>
<i>Hyphessobrycon eques</i> (HE)	o único indivíduo analisado ingeriu predominantemente microcrustáceos; <b>zooplanctívoro</b>
<i>Hypostomus affinis</i> (HA)	dois indivíduos analisados consumiram principalmente detrito; <b>detritívoro</b>



Espécies	Itens Alimentares
<i>Hypostomus luetkeni</i> (HY)	consome principalmente detrito; <b>detritívoro</b>
<i>Knodus</i> sp. (KN)	os indivíduos desta espécie consumiram principalmente insetos de origem terrestre e aquática; <b>insetívoro / ingeriram filhotes de <i>Poecilia vivipara</i></b>
<i>Megaleporinus conirostris</i> (LC)	dois exemplares analisados consumiram principalmente peixes e bivalves; <b>carnívoro / o peixe não pôde ser identificado</b>
<i>Metynnis lippincotianus</i> (ML)	ingestão predominante de itens de origem vegetal como algas filamentosas e vegetal terrestre; <b>herbívoro</b>
<i>Microphis lineatus</i> (MI)	dois indivíduos analisados consumiram insetos aquáticos e restos de peixes; <b>carnívoro. O tamanho amostral de estômagos ainda é baixo, mas temos mais estômagos para serem analisados</b>
<i>Mugil curema</i> (MC)	os dois indivíduos analisados consumiram predominantemente detrito; <b>detritívoro</b>
<i>Oligosarcus acutirostris</i> (OA)	único exemplar consumiu restos de insetos aquáticos; <b>carnívoro</b>
<i>Oligosarcus argenteus</i> (OG)	único indivíduo consumiu peixe; <b>carnívoro / peixe não pode ser identificado</b>
<i>Oreochromis niloticus</i> (ON)	consumiram predominantemente itens de fundo como detrito, sedimento e algas filamentosas; <b>detritívoro</b>
<i>Pachyurus adspersus</i> (PA)	consumiram principalmente insetos aquáticos como Ephemeroptera e ninfa de Odonata; <b>insetívoro</b>
<i>Pimelodus maculatus</i> (PM)	consumiram principalmente itens de origem vegetal e camarão; <b>onívoro / peixes consumidos que puderam ser identificados foram <i>Poecilia vivipara</i></b>
<i>Pimelodella</i> sp. (PI)	consumiram principalmente insetos aquáticos; <b>insetívoro</b>
<i>Poecilia vivipara</i> (PV)	espécie detritívora consumindo também algas e insetos aquáticos em menores proporções; <b>detritívoro / encontrada uma <i>Taenia</i> em um estômago</b>
<i>Pomadasys ramosus</i> (PR)	único exemplar analisado consumiu exclusivamente inseto aquático; <b>insetívoro</b>
<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i> (PE)	único exemplar analisado consumiu principalmente detrito e sedimento; <b>detritívoro</b>
<i>Pygocentrus nattereri</i> (PN)	consumo predominante de peixe; <b>carnívoro / peixes consumidos que puderam ser identificados foram <i>Poecilia vivipara</i> e algum Siluriformes</b>
<i>Salminus brasiliensis</i> (SB)	único exemplar ingeriu peixe; <b>carnívoro / peixe foi identificado como Characiformes</b>
<i>Serrapinus heterodon</i> (SH)	consumiram principalmente insetos terrestres e algas filamentosas; <b>insetívoro</b>
<i>Trachelyopterus striatulus</i> (TS)	os dois indivíduos analisados consumiram principalmente insetos terrestres e aquáticos; <b>insetívoro</b>

Fonte: Autoria própria.

Quadro 13: Itens alimentares (porcentagem de volume) encontrados nas 38 espécies de peixes que tiveram seu estômago analisado. Essas espécies referem-se as coletadas nas campanhas 1 e 2 do Anexo 7 Ecologia de Peixes Dulcícolas

	Espécies																																							
	AG	AI	AL	AU	AT	CA	CP	CG	CR	CN	CL	GG	GB	HU	HI	HM	HL	HE	HA	HY	KN	LC	ML	MI	MC	OA	OG	ON	PA	PI	PM	PV	PE	PN	PR	SB	SH	TS		
<b>Número de estômagos analisados</b>	58	55	74	3	152	2	43	1	46	1	43	1	135	2	2	8	1	2	1	1	119	2	29	2	20	1	1	105	150	10	20	210	1	20		1	5	3		
<b>Itens Alimentares</b>																																								
Algas Diatomáceas	*	*	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	*	0.0	*	0.0	*	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	
Alga Filamentosa	18.0	20.6	5.1	0.0	20.8	0.0	0.0	0.1	30.6	0.0	*	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.6	0.0	47.4	0.0	0.5	0.0	0.0	28.8	0.1	0.0	*	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	0.0	
Vegetal Aquático	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	10.6	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Vegetal Superior	8.3	1.5	2.0	0.0	3.1	0.0	0.0	33.7	26.6	0.0	0.0	0.0	5.1	69.8	39.5	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	43.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.9	0.0	24.3	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
Insetos Aquáticos	7.9	19.3	1.6	99.0	25.9	0.0	3.0	0.0	1.8	66.7	19.9	0.2	56.8	0.0	0.0	0.0	14.3	12.1	0.0	0.0	15.5	0.0	5.1	20.4	0.0	100.0	0.0	0.3	89.4	71.3	0.9	14.0	0.0	0.9	100.0	0.0	7.6	18.6		
Insetos Terrestres	54.5	27.0	90.1	0.0	0.3	8.3	4.1	0.0	2.3	33.3	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.9	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.2	13.3	10.4	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	46.2	50.2		
Microcrustáceos	0.7	*	*	1.0	5.9	0.0	1.5	0.0	*	0.0	3.6	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	84.7	0.0	0.0	1.2	0.0	0.2	2.4	*	0.0	0.0	0.4	0.8	0.0	*	3.1	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0		
Mollusca	0.0	0.0	0.2	0.0	1.5	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	1.1	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	76.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Acari	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	*	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Araneae	2.3	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	0.0	0.0	24.5	0.0	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	
Decapoda (camarão)	0.1	13.2	0.0	0.0	*	91.7	48.2	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	85.7	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.3	11.9	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0		
Nematoda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Platyhelminthes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Tecameba	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cerdas Oligochaeta	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Oligochaeta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peixe	0.0	0.0	0.9	0.0	7.1	0.0	39.8	21.8	10.6	0.0	37.5	0.0	0.0	0.0	60.5	78.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	22.8	0.0	77.2	0.0	100.0	1.1	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	90.5	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Escama	1.1	0.3	*	0.0	0.6	0.0	0.3	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	*	*	9.5	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Matéria Orgânica Animal	3.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.9	0.0	2.6	0.0	0.3	76.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	2.9	0.6	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Matéria Orgânica Vegetal	1.6	2.5	*	0.0	12.4	0.0	0.9	0.0	12.8	0.0	0.2	21.9	2.4	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	1.2	0.0	0.5	0.0	0.0	7.5	3.1	0.0	13.7	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	27.9	

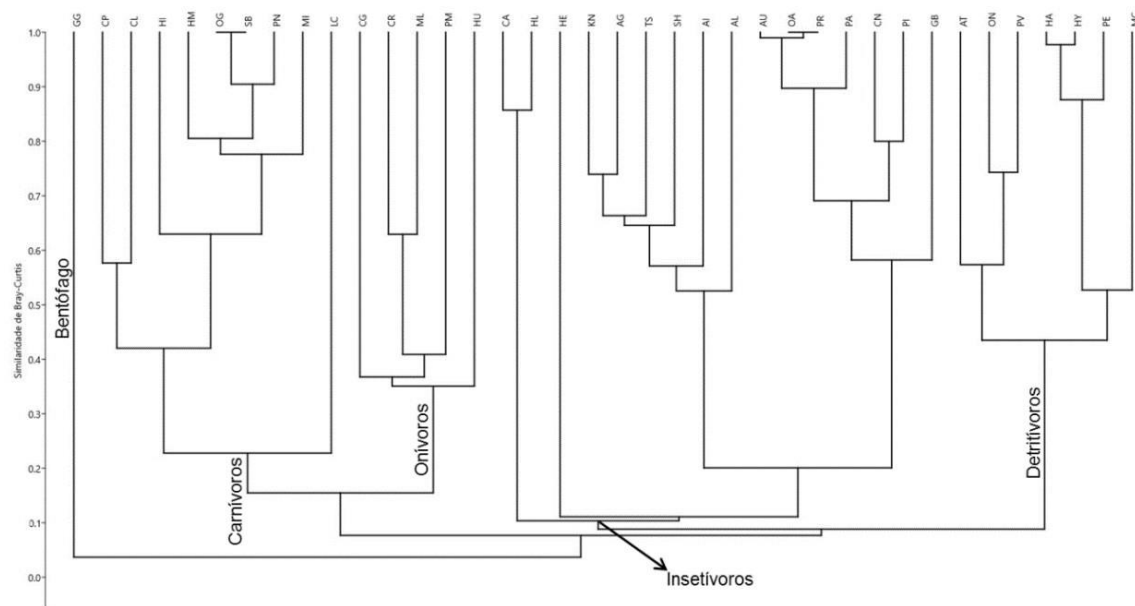
	Espécies																																					
	AG	AI	AL	AU	AT	CA	CP	CG	CR	CN	CL	GG	GB	HU	HI	HM	HL	HE	HA	HY	KN	LC	ML	MI	MC	OA	OG	ON	PA	PI	PM	PV	PE	PN	PR	SB	SH	TS
<b>Número de estômagos analisados</b>	58	55	74	3	152	2	43	1	46	1	43	1	135	2	2	8	1	2	1	1	119	2	29	2	20	1	1	105	150	10	20	210	1	20		1	5	3
<b>Itens Alimentares</b>																																						
Matéria Orgânica Indeterminada	0.0	0.0	*	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Detrito	1.9	8.6	0.0	0.0	11.6	0.0	0.4	0.0	9.3	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	89.5	90.9	0.6	0.0	2.0	0.0	39.7	0.0	0.0	41.5	0.3	0.0	0.5	49.2	78.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sedimento	0.1	0.5	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	43.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.2	0.0	10.5	8.3	0.1	0.0	*	0.0	59.3	0.0	0.0	17.3	*	2.1	5.5	6.2	19.6	0.2	0.0	0.0	2.1	0.0	

Fonte: Autoria própria.

Com o quadro da porcentagem do volume dos itens alimentares identificados para as 38 espécies de peixes foi realizada uma análise de agrupamento (UPGMA), utilizando a similaridade de Bray-Curtis, para evidenciar os agrupamentos das espécies em guildas tróficas. Salientamos que, ainda existem espécies que possuem um baixo número de estômagos analisados o que pode causar um viés na conclusão de posicionamento da espécie em sua respectiva guilda trófica. Além disso, dentro de cada guilda existem tendências, que com o decorrer das campanhas e análises, se tornarão mais evidentes, sendo assim, sub-guildas surgirão.

Com o presente resultado (Figura 6) verificou-se que a maioria das espécies pertencem as guildas de carnívoros e insetívoros e apenas sete das 38 espécies formaram um agrupamento de espécies que consomem algas e detrito. Assim, evidencia-se que nos ambientes amostrados há um declínio de espécies que consomem itens da base da cadeia trófica e há um favorecimento de espécies de metade à topo de cadeia.

Figura 6: Dendograma de similaridade baseado na composição da dieta das 38 espécies de peixes analisadas nas campanhas 1 e 2 do Anexo 7. As espécies detritívoras ou raspadoras de fundo representam uma pequena minoria. Códigos das espécies ver item 1.3.3 da sessão 2.



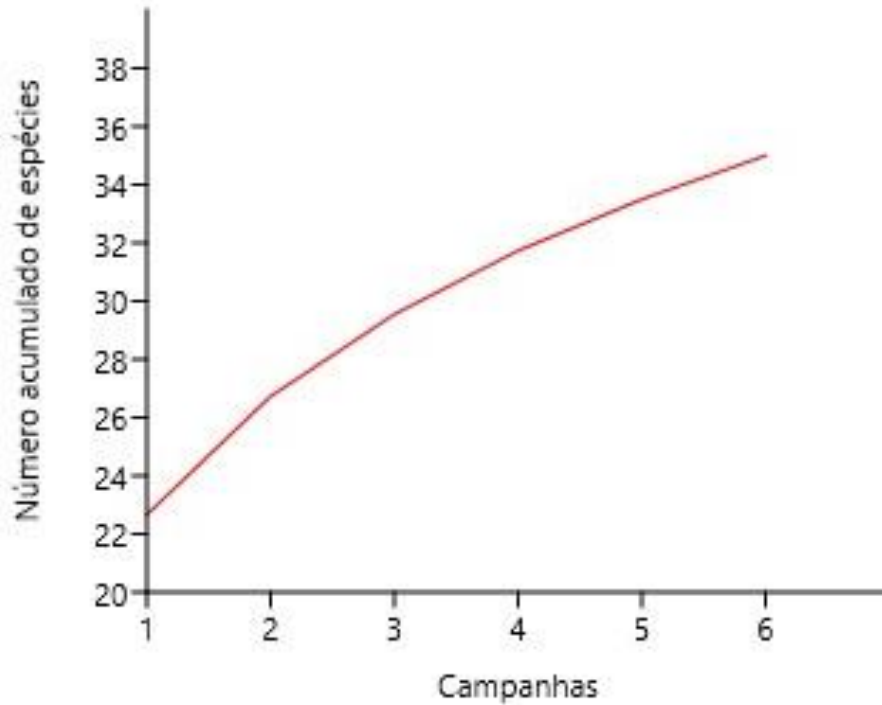
Fonte: Autoria própria.

## 1.4.7 Descrição das assembleias de peixes do trecho inferior do Rio Doce

### 1.4.7.1 Curva do coletor

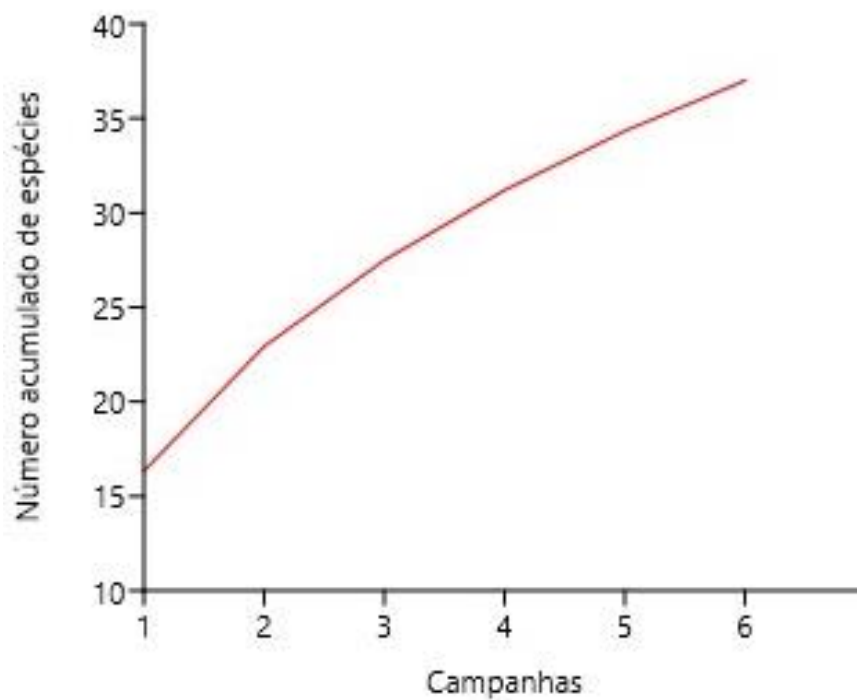
A curva do coletor permite visualizar a suficiência amostral de um dado local. Quando a curva estabiliza, i.e., atinge um platô, pode-se inferir que o número total de espécies presente naquele local foi amostrado. As curvas do coletor foram calculadas pelo método de rarefação Mao Tau, para cada tipo de petrecho, considerando as campanhas de coleta de amostras (Figuras 7, 8 e 9).

Figura 7: Curva de rarefação de espécies (curva do coletor) calculada pelo método de Mao Tau para as coletas realizadas com arrasto, em campanhas mensais.



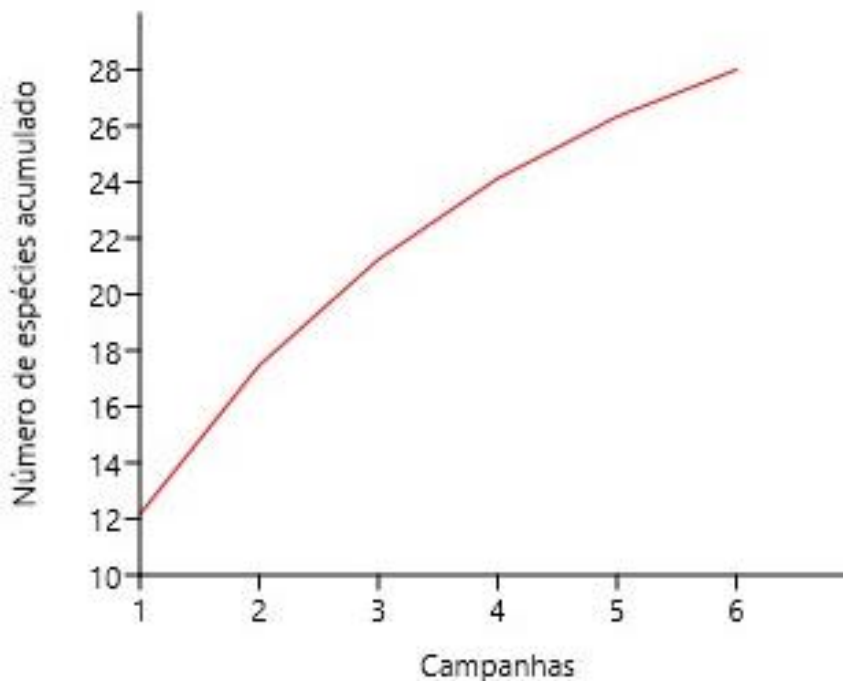
Fonte: Autoria própria.

Figura 8: Curva de rarefação de espécies (curva do coletor) calculada pelo método de Mao Tau para as coletas realizadas com rede de espera, de diferentes malhas, em campanhas mensais.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9: Curva de rarefação de espécies (curva do coletor) calculada pelo método de Mao Tau para as coletas realizadas com tarrafa, em campanhas mensais. A curva ainda se encontra na sua fase ascendente.



Fonte: Autoria própria.

#### 1.4.7.2 Parâmetros estimadores de riqueza

Ao todo, foram coletadas 58 espécies durante as seis campanhas amostrais. Os estimadores de riqueza Chao 2, Jackknife 1 e 2 e bootstrap indicam um número maior de espécies do que o coletado até o momento (Quadro 14). Sendo assim, os estimadores de riqueza demonstram que o esforço de coleta ainda não foi suficiente para amostrar a riqueza total de espécies da área. A cada campanha novas espécies são adicionadas à lista total e por isso não observamos a estabilização da curva do coletor. Há também muita variação na riqueza coletada em cada campanha.

Quadro 14: Estimadores de riqueza total calculados para a amostra.

	<b>Estimador de riqueza</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Chao 2</b>	69,11	7,5
<b>Jackknife 1</b>	71,33	3,33
<b>Jackknife 2</b>	77,73	-
<b>Bootstrap</b>	64,19	-

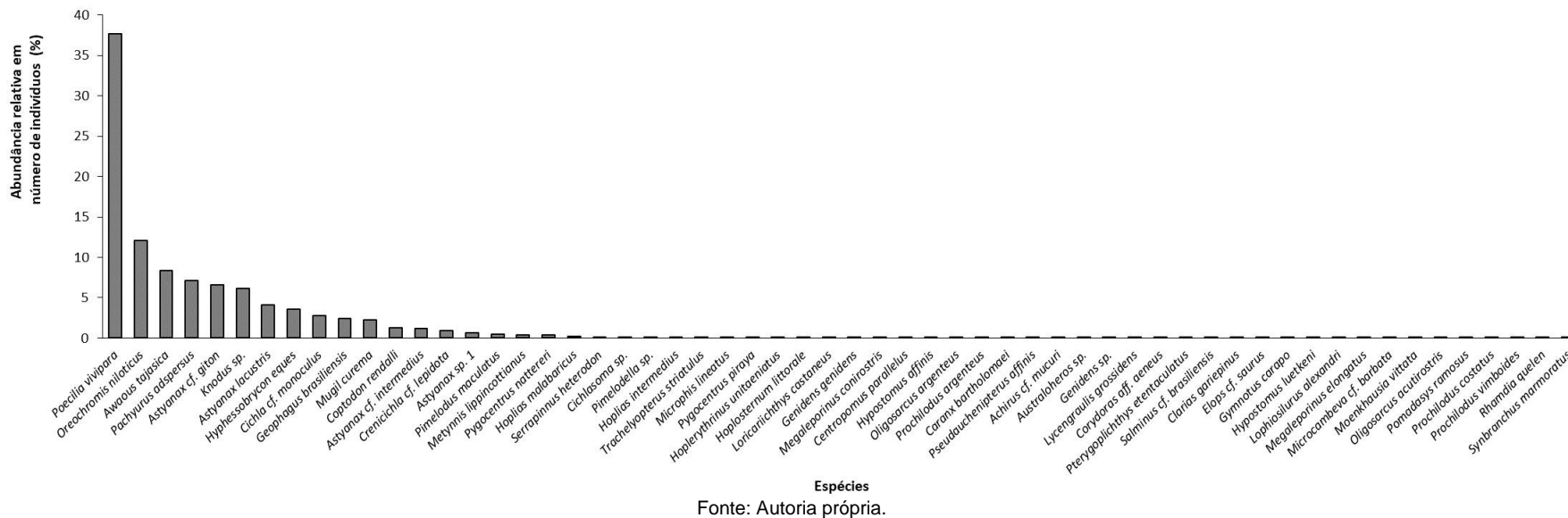
Fonte: Autoria própria.

#### 1.4.7.3 Abundância relativa

A abundância relativa das espécies coletadas foi calculada em termos de porcentagem do número de indivíduos e do peso total coletado. Em relação ao total de indivíduos coletados por espécie, as mais abundantes foram o barrigudinho nativo *Poecilia vivipara* com 7.220 indivíduos (38% do total), seguido pela exótica tilápia *Oreochromis niloticus*, com 2.320 indivíduos (Figura 10). Das 58 espécies amostradas, 43 possuem abundância relativa inferior a 1%.

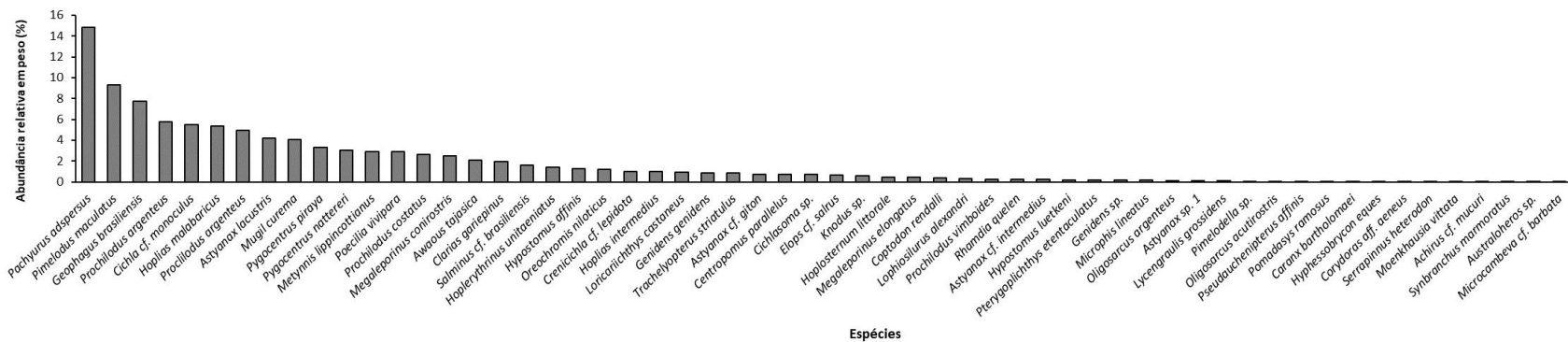
Em relação à biomassa, a espécie mais representada foi a curvina nativa *Pachyurus adspersus*, com um peso total coletado de 10,6 kg correspondendo a 15% do total (Figura 11). A espécie exótica mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*, junto ao acará nativo *Geophagus brasiliensis* também se destacam em relação ao peso total coletado, correspondendo a 9 e 8% do total, respectivamente. Ao todo, 26 espécies apresentaram abundância relativa em relação ao peso inferior a 1% (Figura 11).

Figura 10: Abundância relativa das espécies em relação ao número total de indivíduos coletados ao longo de seis campanhas amostrais mensais. A nativa *P. vivipara* é a mais abundante, seguida pela exótica *O. niloticus*.



Fonte: Autoria própria.

Figura 11: Abundância relativa das espécies em relação ao peso total de indivíduos coletados ao longo de seis campanhas amostrais mensais. A nativa *P. adspersus* e a exótica *P. maculatus* foram as que apresentaram maior biomassa.



Fonte: Autoria própria.



#### 1.4.7.4 Índices de diversidade

A diversidade das assembleias de peixes foi calculada de acordo com o Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), indicado para situações em que apenas uma amostra da assembleia total é coletada. Este índice é o mais utilizado em trabalhos ecológicos, permitindo comparação, além de levar em conta a abundância das espécies, sendo sensível a espécies raras (comunidades com maior equitabilidade são mais diversas do que comunidades com espécies raras). O índice foi calculado para cada ponto amostral.

O ponto amostral que apresentou maior índice de diversidade foi o Ponto 07, Ribeirão Palmas, em Linhares (ES), e o ponto com menor diversidade foi o Ponto 01, correspondente a calha principal do Rio Doce, em Baixo Guandu (ES) (Quadro 15 e Figura 12). O maior índice observado no córrego quando comparado à calha principal do rio pode ser relacionado ao fato de que este não foi atingido pela lama de rejeitos do desastre e preservou suas características ambientais; logo, foram conservadas a riqueza e abundância de espécies que ocorriam na área. Já o menor índice observado no Ponto 01, pode ser devido à proximidade com uma barragem, que altera frequentemente o nível de água e a velocidade da correnteza, servindo como um filtro ambiental forte para as espécies. Os Pontos 05 e 06 correspondem às lagoas do Limão e Óleo, respectivamente, em Colatina (ES), e também apresentaram um índice de diversidade menor, além das menores riquezas de espécies (Quadro 15). Este resultado é esperado devido ao isolamento geográfico das lagoas, que limita a troca de espécies com outros ambientes.

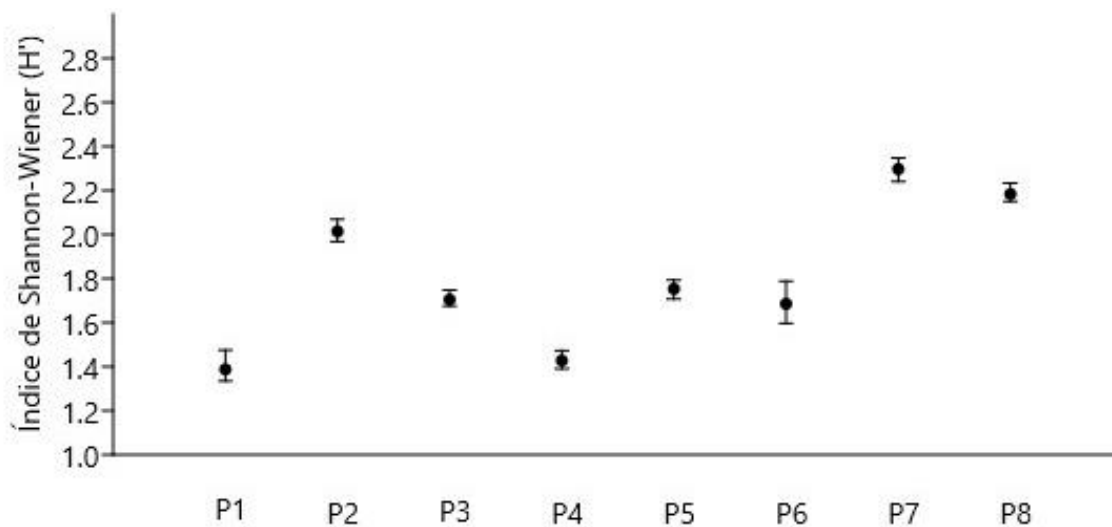
Calculou-se o Índice de Equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) que é derivado de  $H'$  e representa a uniformidade da distribuição do total de indivíduos entre as espécies existentes na amostra. Seu valor pode variar de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima, todas as espécies possuem proporcionalmente o mesmo número de indivíduos). Os pontos que apresentaram maior  $J'$  foram os pontos 07 e 05, ou seja, nestes pontos a abundância é mais distribuída entre as espécies (Quadro 15). Isso concorda com o maior  $H'$  apresentado pelo ponto 07. Apesar de uma alta equabilidade, o ponto 05 teve baixo índice de diversidade devido à sua baixa riqueza de espécies. O Índice de Dominância ( $D$ ) foi calculado com base no índice de diversidade de Simpson e varia de 0 (todas as espécies estão igualmente presentes na amostra) a 1 (uma espécie domina a comunidade completamente). Este índice é complementar à equitabilidade e não variou muito entre os pontos amostrais e nenhum ponto apresentou apenas uma espécie dominante (Quadro 15).

Quadro 15: Riqueza total de espécies observada por ponto ao longo das seis campanhas amostrais, índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de dominância calculado para cada ponto. O valor mais baixo de diversidade ocorreu no ponto 01, o mais próximo à barragem da UHE Mascarenhas. O valor mais alto correspondeu ao Ribeirão Palmas, o ponto 07.

PONTO AMOSTRAL	RIQUEZA DE ESPÉCIES (S)	ÍNDICE DE SHANNON-WIENER ( $H'$ )	EQUITABILIDADE DE PIELOU ( $J'$ )	ÍNDICE DE DOMINÂNCIA (D)
P01	25	1,39	0,43	0,36
P02	31	2,02	0,59	0,19
P03	36	1,70	0,48	0,32
P04	28	1,43	0,43	0,39
P05	12	1,75	0,71	0,24
P06	21	1,69	0,55	0,31
P07	23	2,30	0,73	0,15
P08	32	2,18	0,63	0,16

Fonte: Autoria prática.

Figura 12: Índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e o intervalo de confiança obtido por bootstrap ( $n = 9999$ ) por ponto amostral.



Fonte: Autoria própria.

#### 1.4.7.5 Constância de ocorrência

A constância de ocorrência foi calculada de acordo com Dajoz (1978), que classifica as espécies em Constantes (ocorrem em mais de 50% das amostras), Acessórias (ocorrem em 25 a 50% das amostras) e Acidentais (ocorrem em menos de 25% das amostras). Neste caso, cada campanha de coleta foi considerada uma amostra. Ao todo, 26 espécies foram consideradas Constantes e destas, 18 foram coletadas em todas as campanhas amostrais (Quadro 16). Dezesesseis espécies foram classificadas como Acessórias, tendo sido coletadas em 2 ou 3 campanhas. Todas as 16 espécies classificadas como Acidentais foram coletadas em apenas uma campanha amostral.

Quadro 16: Constância de ocorrência das espécies coletadas ao longo das seis campanhas amostrais, de acordo com a classificação de Dajoz (1978). Exóticas em vermelho; \* espécie vulnerável.

Espécie	CO%	CO
<i>Astyanax cf. giton</i>	100	Constante
<i>Astyanax cf. intermedius</i>	100	Constante
<i>Astyanax lacustris</i>	100	Constante
<i>Awaous tajasica</i>	100	Constante
<i>Cichla cf. monoculus</i>	100	Constante
<i>Coptodon rendalli</i>	100	Constante
<i>Crenicichla cf. lepidota</i>	100	Constante
<i>Geophagus brasiliensis</i>	100	Constante
<i>Hoplias malabaricus</i>	100	Constante
<i>Hyphessobrycon eques</i>	100	Constante
<i>Knodus sp.</i>	100	Constante
<i>Metynnis lippincottianus</i>	100	Constante
<i>Mugil curema</i>	100	Constante
<i>Oreochromis niloticus</i>	100	Constante
<i>Pachyurus adspersus</i>	100	Constante
<i>Pimelodus maculatus</i>	100	Constante
<i>Poecilia vivipara</i>	100	Constante
<i>Pygocentrus nattereri</i>	100	Constante
<i>Centropomus parallelus</i>	83	Constante
<i>Hoplias intermedius</i>	83	Constante
<i>Megaleporinus conirostris</i>	83	Constante
<i>Pygocentrus piraya</i>	83	Constante
<i>Serrapinnus heterodon</i>	83	Constante
<i>Trachelyopterus striatulus</i>	83	Constante
<i>Astyanax sp. 1</i>	67	Constante
<i>Genidens genidens</i>	67	Constante
<i>Hoplosternum littorale</i>	50	Acessória
<i>Hypostomus affinis</i>	50	Acessória
<i>Loricariichthys castaneus</i>	50	Acessória
<i>Microphis lineatus</i>	50	Acessória
<i>Oligosarcus argenteus</i>	50	Acessória
<i>Pimelodella sp.</i>	50	Acessória
<i>Prochilodus argenteus</i>	50	Acessória
<i>Pseudauchenipterus affinis</i>	50	Acessória
<i>Achirus cf. mucuri</i>	33	Acessória
<i>Caranx bartholomaei</i>	33	Acessória
<i>Cichlasoma sp.</i>	33	Acessória
<i>Genidens sp.</i>	33	Acessória
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	33	Acessória
<i>Lycengraulis grossidens</i>	33	Acessória

Espécie	CO%	CO
<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i>	33	Acessória
<i>Salminus cf. brasiliensis</i>	33	Acessória
<i>Australoheros</i> sp.	17	Acidental
<i>Clarias gariepinus</i>	17	Acidental
<i>Corydoras</i> aff. <i>aeneus</i>	17	Acidental
<i>Elops</i> cf. <i>saurus</i>	17	Acidental
<i>Gymnotus carapo</i>	17	Acidental
<i>Hypostomus luetkeni</i>	17	Acidental
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	17	Acidental
<i>Megaleporinus elongatus</i>	17	Acidental
<i>Microcambeva</i> cf. <i>barbata</i>	17	Acidental
<i>Moenkhausia vittata</i>	17	Acidental
<i>Oligosarcus acutirostris</i>	17	Acidental
<i>Pomadasys ramosus</i>	17	Acidental
<i>Prochilodus costatus</i>	17	Acidental
<i>Prochilodus vimboides</i> *	17	Acidental
<i>Rhamdia quelen</i>	17	Acidental
<i>Synbranchus marmoratus</i>	17	Acidental

Fonte: Autoria própria.

#### 1.4.7.6 Índices de similaridade/dissimilaridade

O índice de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado para comparar os pontos amostrais entre si. Este índice utiliza uma matriz de abundância das espécies em cada local para comparar os locais par-a-par em relação a composição da comunidade. O índice varia de 0 a 1, portanto, dois locais completamente iguais em relação à composição de espécies e abundância das mesmas teriam um índice de similaridade igual a 1, enquanto dois locais completamente diferentes teriam um índice igual a 0. A matriz de similaridade dos pontos amostrados nas seis campanhas pode ser observada no Quadro 17. Os dados foram representados graficamente em um agrupamento hierárquico (UPGMA) por similaridade, para melhor visualização (Figura 13). Utilizando a similaridade de Bray-Curtis, três grandes grupos foram formados, com o Ponto 01 isolado dos demais. Ou seja, este ponto é o que tem menor similaridade com os outros e é também o que apresenta menor diversidade. Os outros pontos correspondentes à calha principal do rio (P02, P03, P04 e P08) formam um maior agrupamento, enquanto que os pontos correspondentes às lagoas (P05 e P06) e o córrego (P07) se agrupam separadamente. Portanto, o tipo de ambiente parece ser determinante na composição da comunidade observada em cada um dos pontos.

O índice de similaridade de Jaccard é um dos mais empregados em ecologia e compara as amostras de diferentes locais apenas quanto a presença/ausência de espécies, sem considerar a abundância de cada uma. Portanto, este índice também varia entre 0 (comunidades totalmente diferentes quanto à composição de espécies) e 1 (comunidades totalmente semelhantes). Da mesma forma, os dados da

matriz de similaridade (Quadro 18) foram representados graficamente por um agrupamento hierárquico (Figura 14).

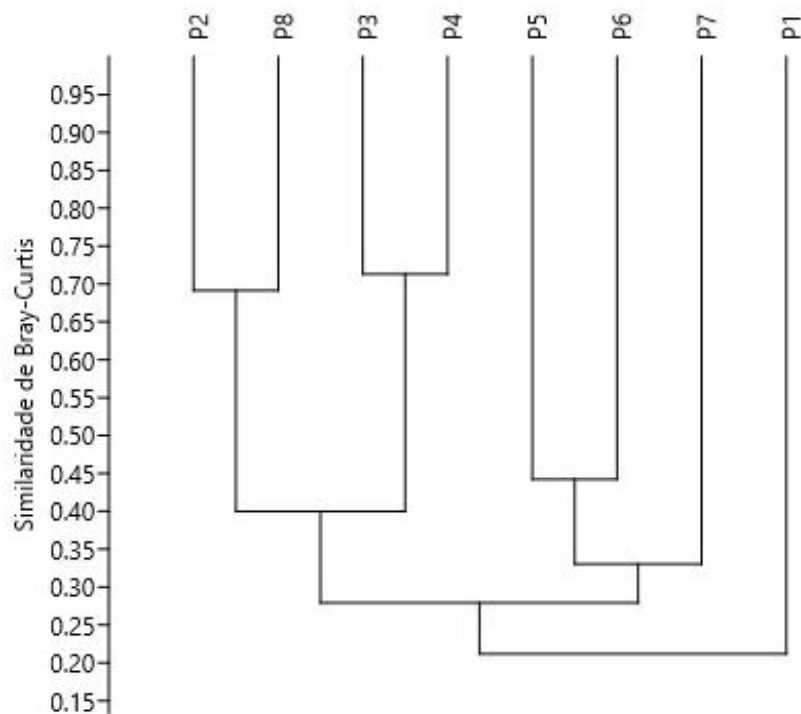
No agrupamento de Jaccard, percebemos a formação de dois grandes grupos: um composto apenas pelos pontos de ambiente lêntico (lagoa), e outro por ambientes lóticos (rio e córrego) (Figura 14). Dentro do agrupamento formado pelos ambientes lóticos, o P07 encontra-se isolado dos demais, provavelmente, por ser um ponto fora da calha principal do rio. Entre os pontos correspondentes à calha, os pontos 02 e 08, e 03 e 04 formaram dois ramos distintos, possivelmente devido à proximidade geográfica dos mesmos.

Quadro 17: Matriz de similaridade calculada para os pontos amostrais utilizando o método de Bray-Curtis.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1							
P2	0,31	1						
P3	0,16	0,49	1					
P4	0,16	0,39	0,71	1				
P5	0,06	0,34	0,27	0,23	1			
P6	0,10	0,45	0,20	0,19	0,44	1		
P7	0,31	0,39	0,23	0,23	0,25	0,41	1	
P8	0,39	0,69	0,45	0,27	0,19	0,24	0,39	1

Fonte: Autoria própria.

Figura 13: Dendrograma de similaridade entre os pontos amostrais em relação à composição e abundância de espécies.



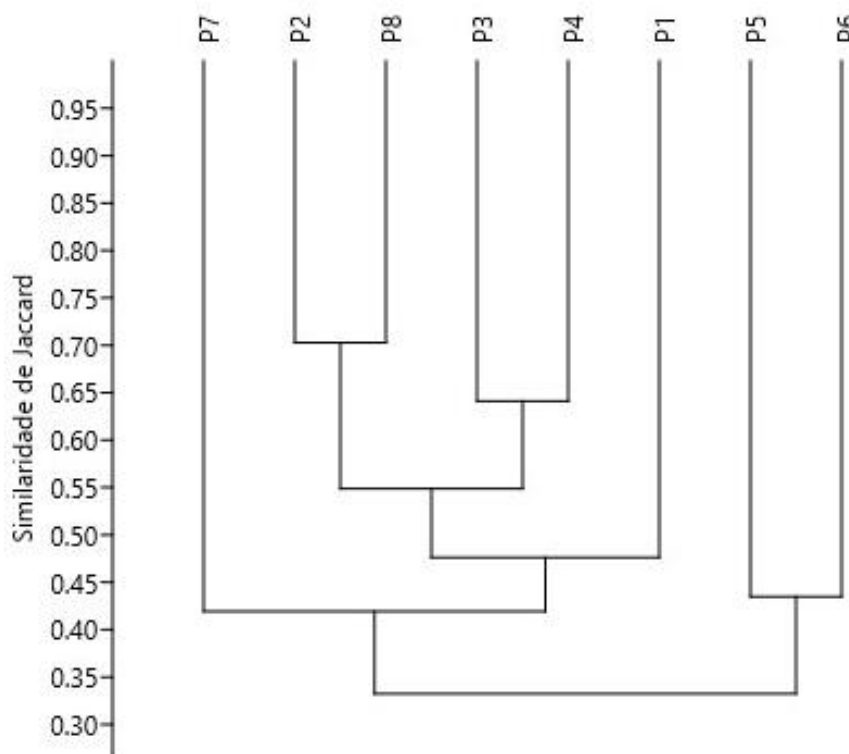
Fonte: Autoria própria.

Quadro 18: Matriz de similaridade calculada para os pontos, obtido usando o método de Jaccard.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1							
P2	0,51	1						
P3	0,42	0,56	1					
P4	0,47	0,55	0,64	1				
P5	0,32	0,26	0,23	0,25	1			
P6	0,44	0,44	0,36	0,40	0,43	1		
P7	0,37	0,46	0,44	0,42	0,30	0,33	1	
P8	0,50	0,70	0,55	0,54	0,26	0,39	0,41	1

Fonte: Autoria própria.

Figura 14: Dendrograma de similaridade entre os pontos amostrais em relação a composição de espécies. Ocorreu a formação de dois grandes grupos: um composto apenas pelos pontos P5 e P6 de ambiente lântico (lagoa), e outro por ambientes lóticos (rio e córrego). Dentro do agrupamento formado pelos ambientes lóticos, o P7 encontra-se isolado dos demais, provavelmente, por ser um ponto fora da calha principal do rio.



Fonte: Autoria própria.

#### 1.4.7.7 Demografia

As análises demográficas foram realizadas a partir da expectativa de que espécimes sem populações viáveis apresentam classes de tamanhos incompletas, enquanto que espécies com populações bem estabelecidas apresentarão uma grande diversidade de classes de tamanhos. As curvas de demografia foram criadas a partir da definição de classes de tamanho, utilizando a Regra de Sturges que considera o tamanho total da amostra e os valores máximo e mínimo obtidos. No caso de espécies com amostras muito grandes, foram selecionados os extremos de tamanho e espécimes triados ao acaso nas classes intermediárias, com N=30. Utilizou-se como medida o comprimento padrão em milímetros. Os gráficos indicam que para muitas espécies foram coletados muito mais indivíduos pequenos do que grandes, enquanto para outras foram coletados apenas exemplares grandes, como no caso de *Hypostomus affinis*.

Os dados são apresentados por ponto amostral e estão agrupados de acordo com a guilda trófica das espécies e sua classificação como nativa ou exótica (Figuras 15-36). Três espécies destacam-se, as duas espécies com maior número de espécimes (*Poecilia vivipara* e *Oreochromis niloticus*) e uma terceira espécie que pode ser classificada como bentívora, mas foi agrupada como detritívora, *Awaous tajasica*.

Figura 15: Detritívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

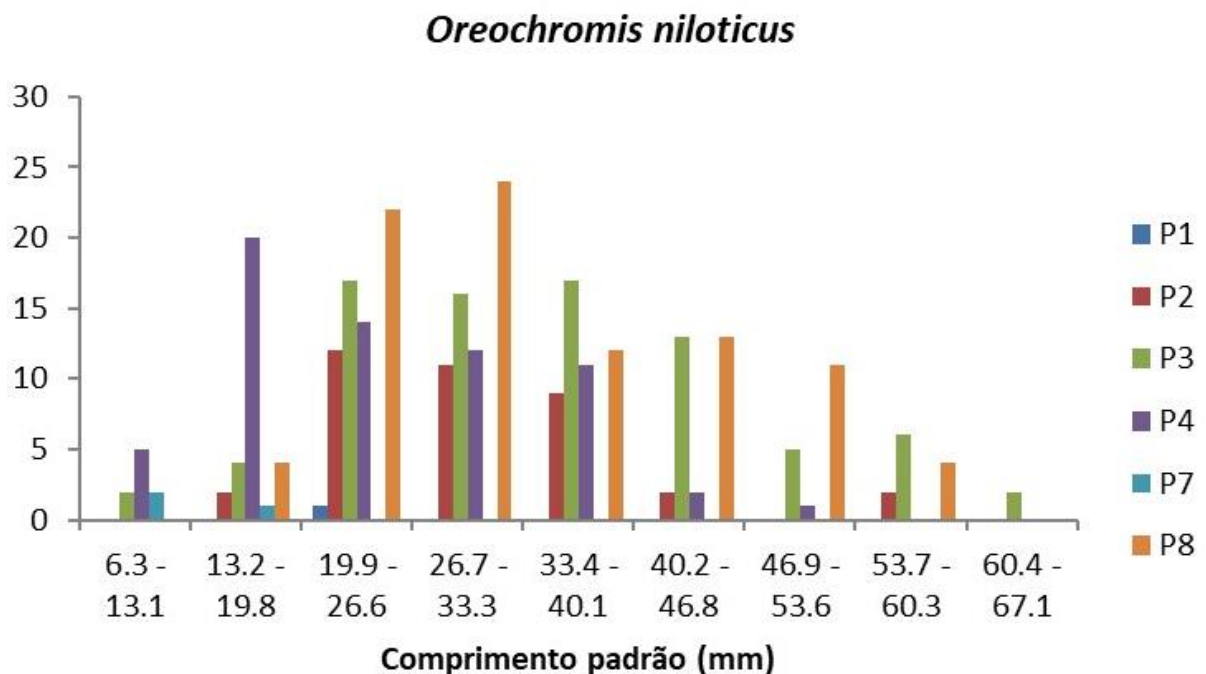


Figura 16: Detritívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

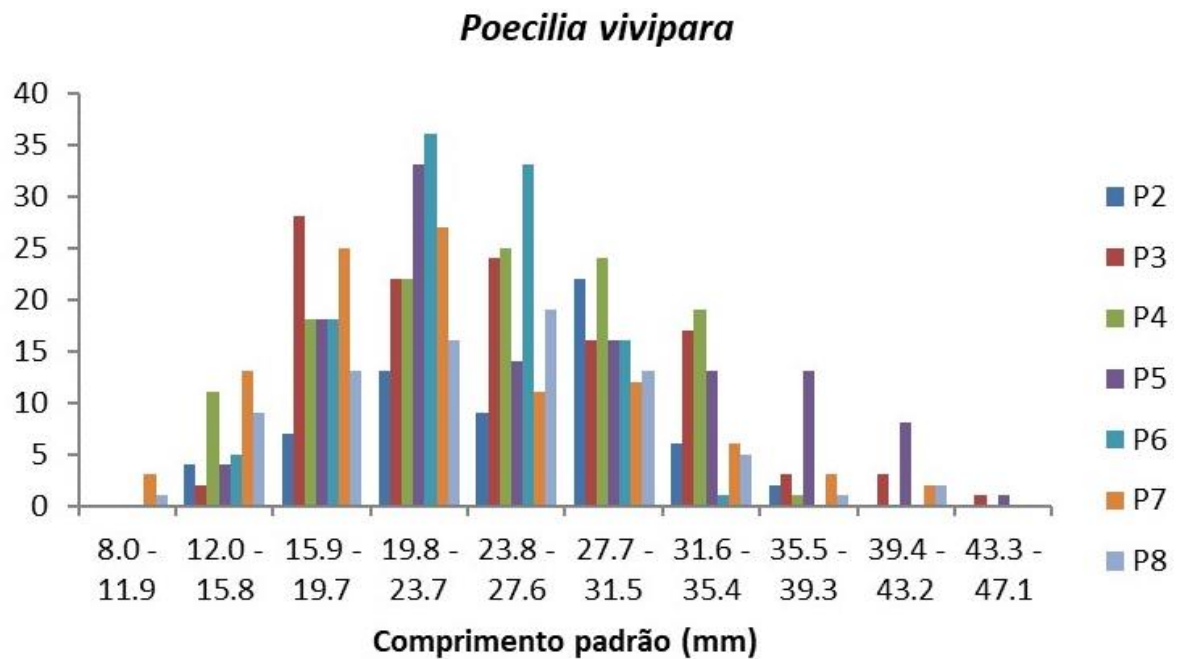


Figura 17: Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

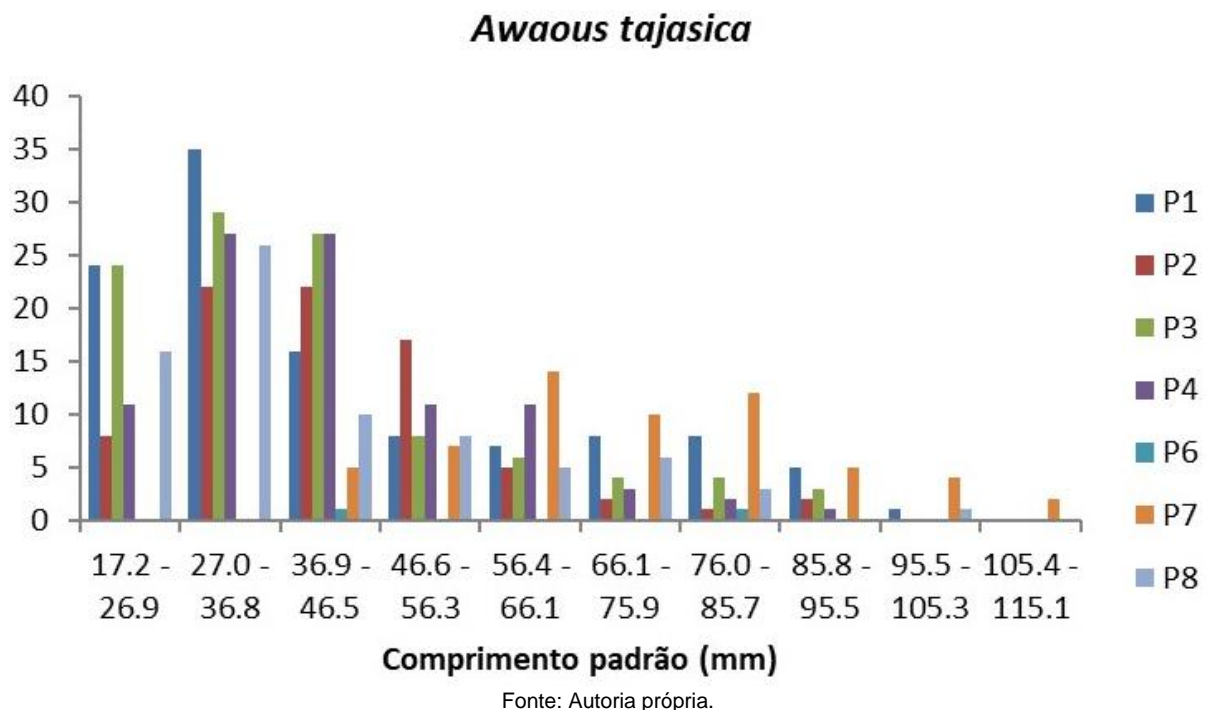




Figura 18: Detritívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

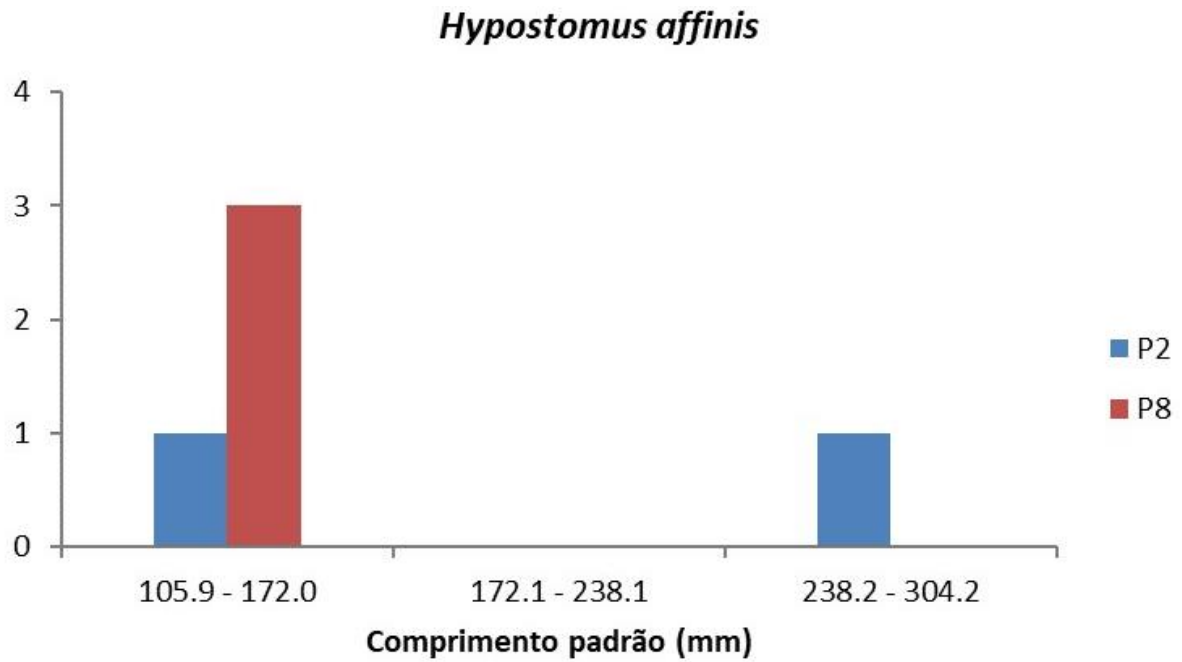


Figura 19: Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

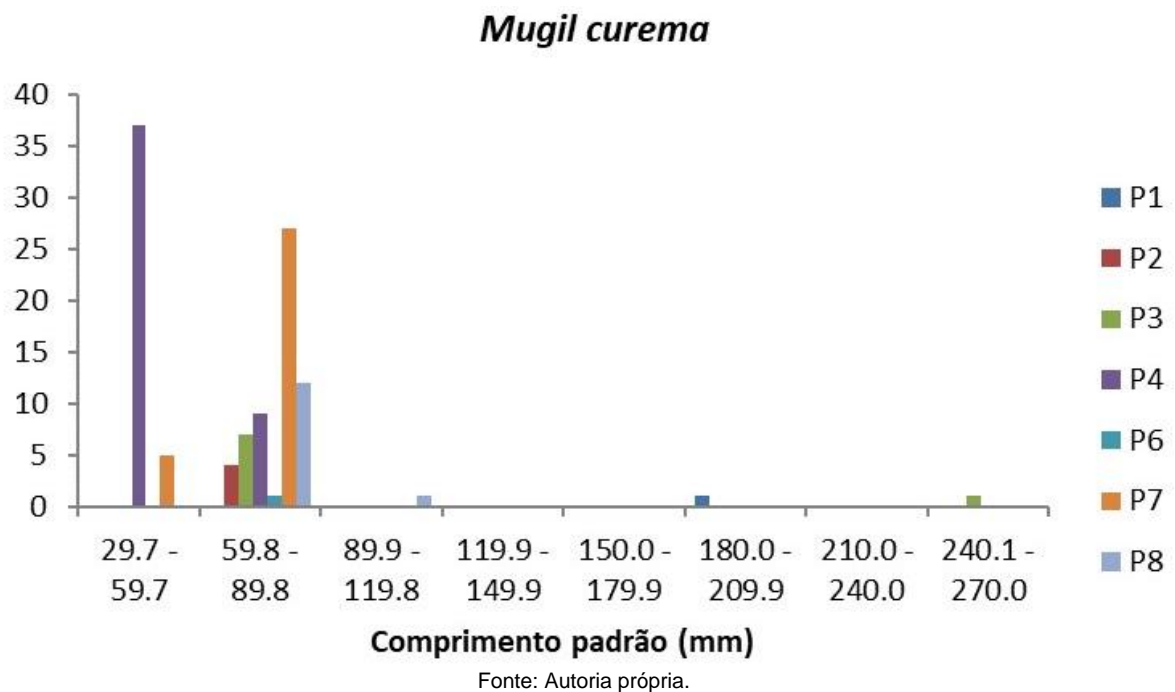


Figura 20: Piscívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

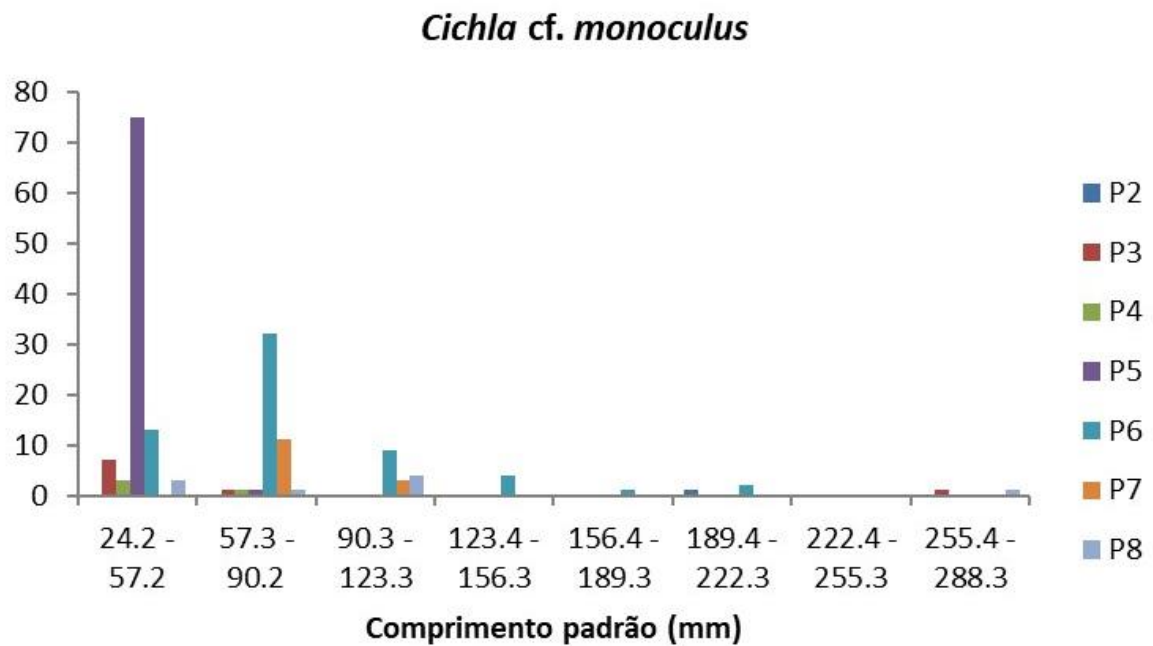


Figura 21: Piscívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

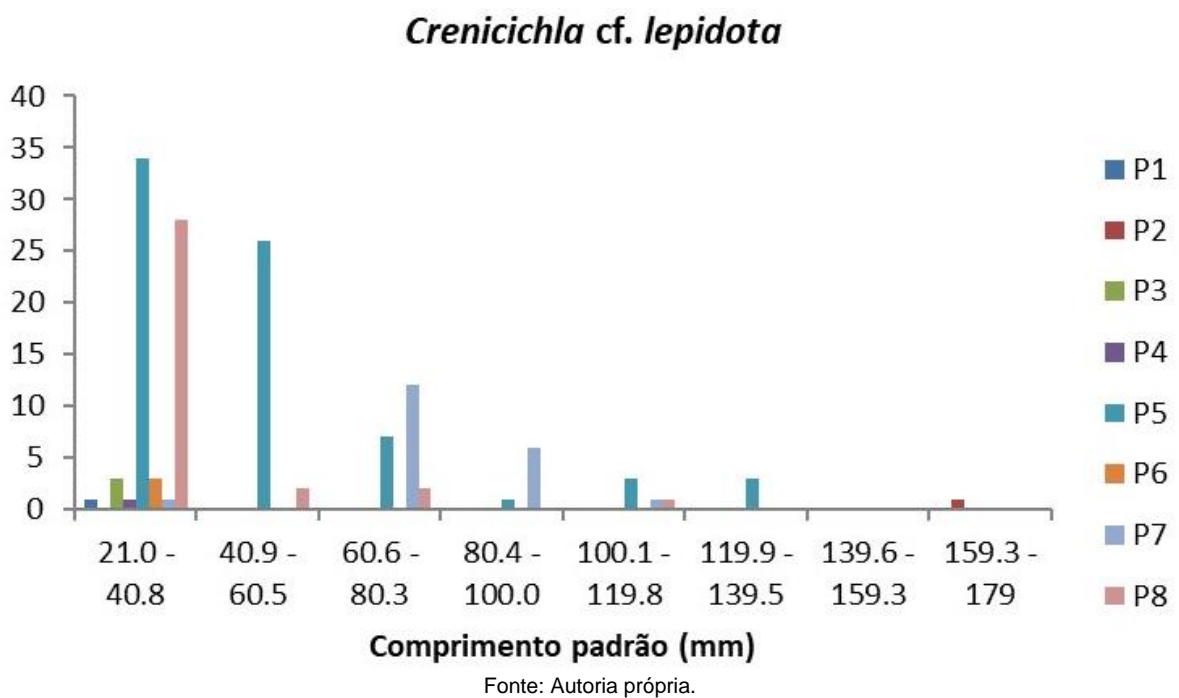


Figura 22: Piscívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

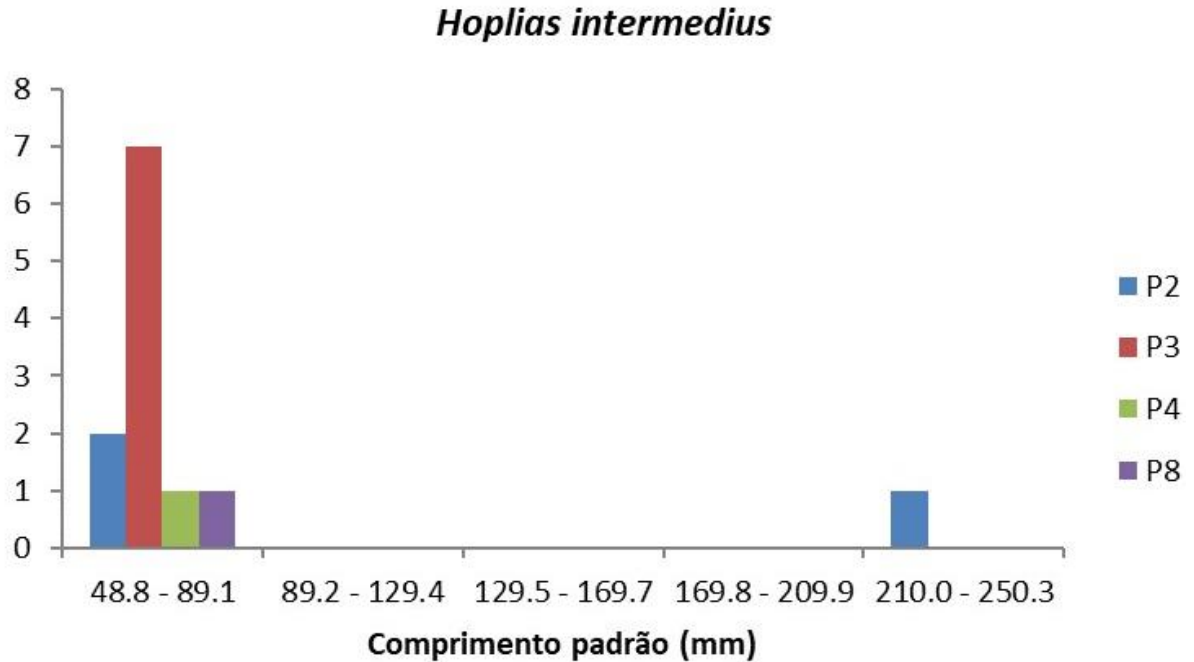


Figura 23: Piscívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

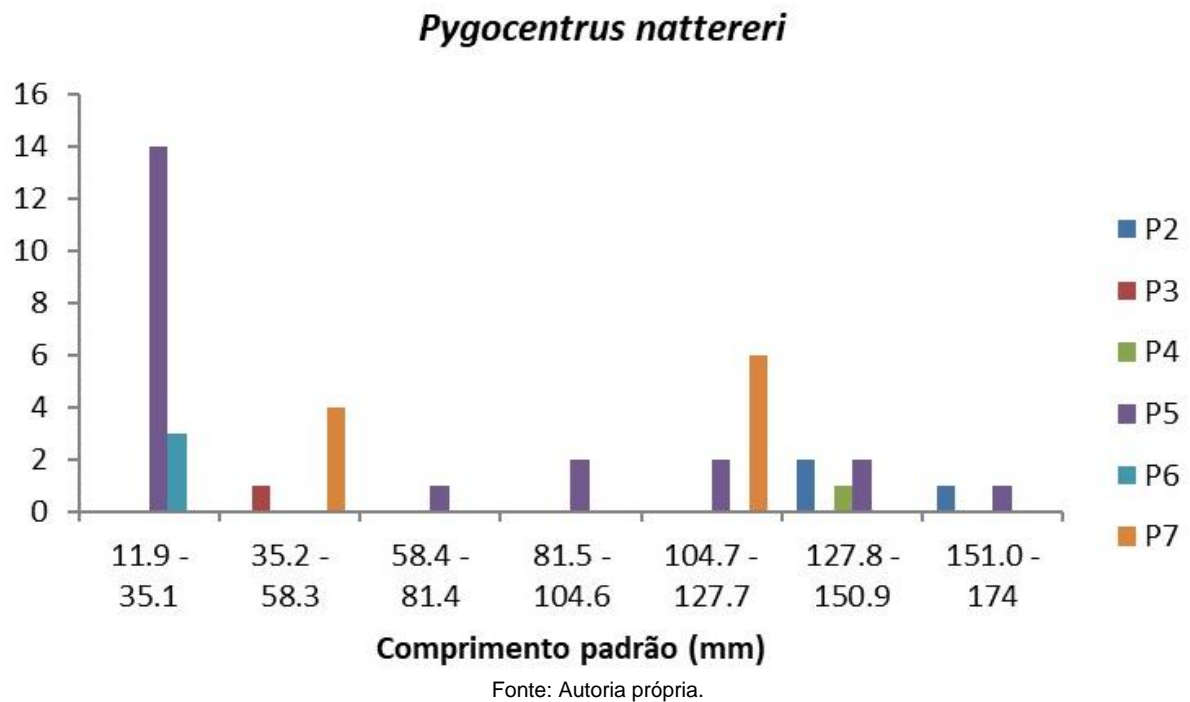


Figura 24: Piscívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

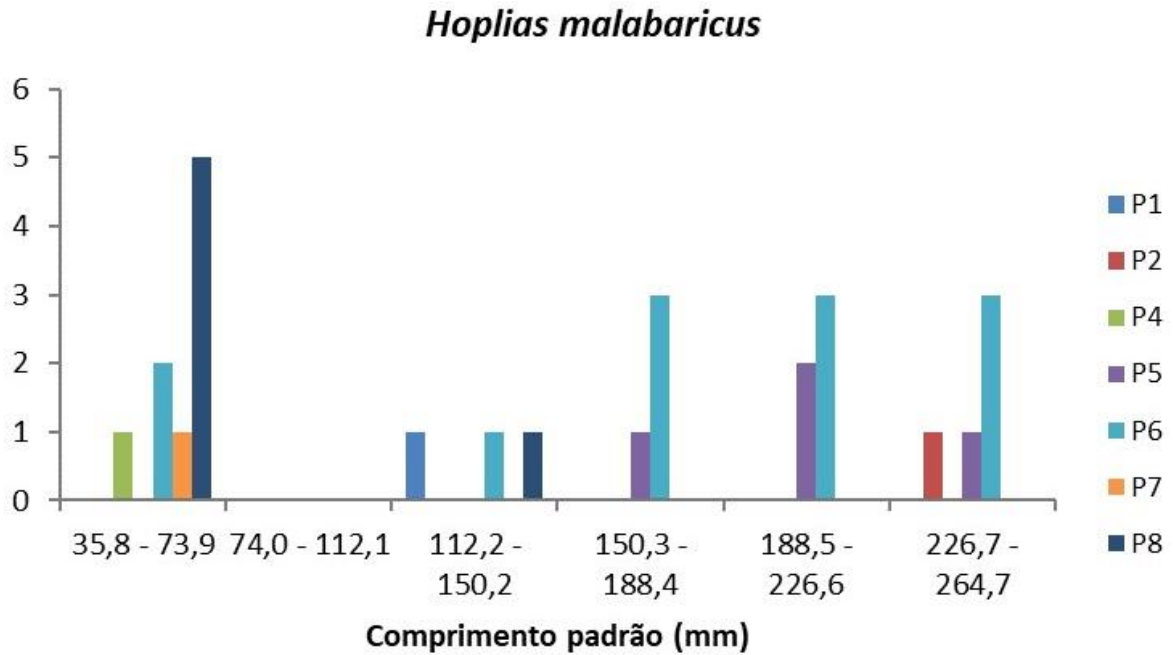


Figura 25: Piscívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

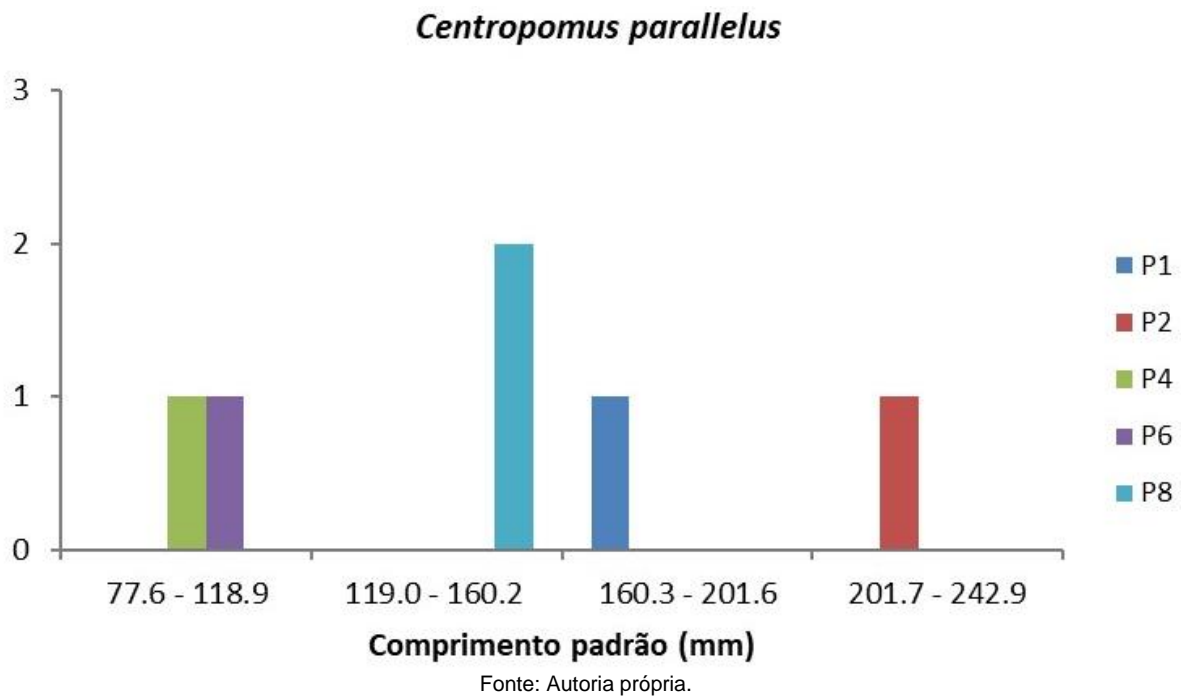
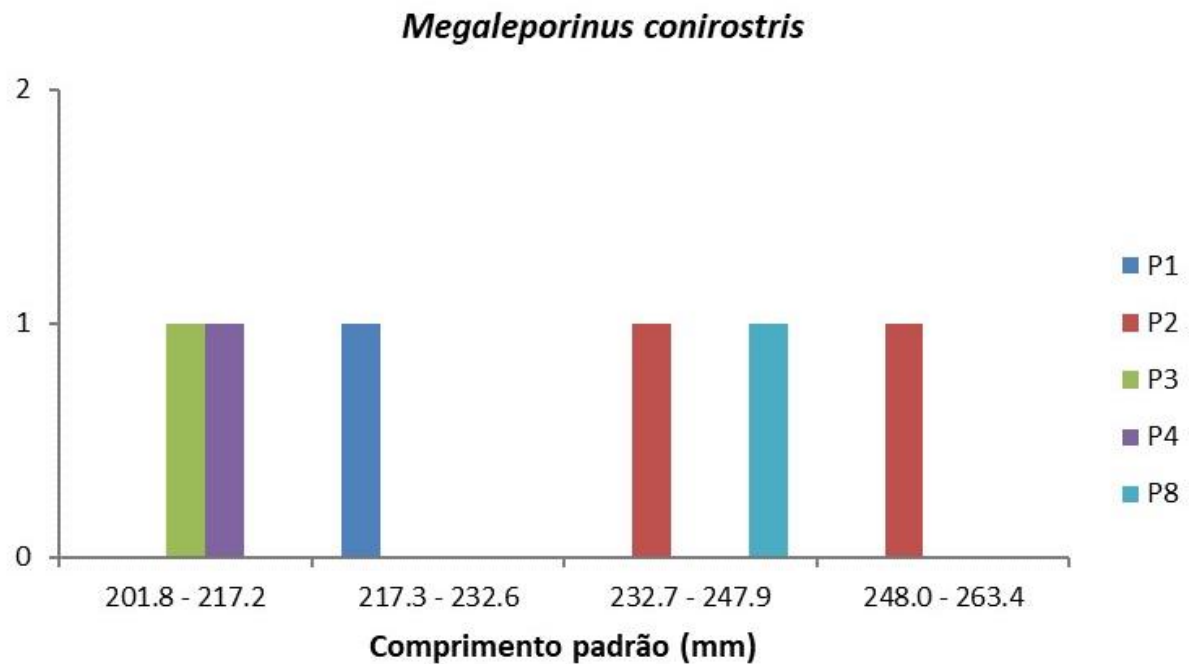
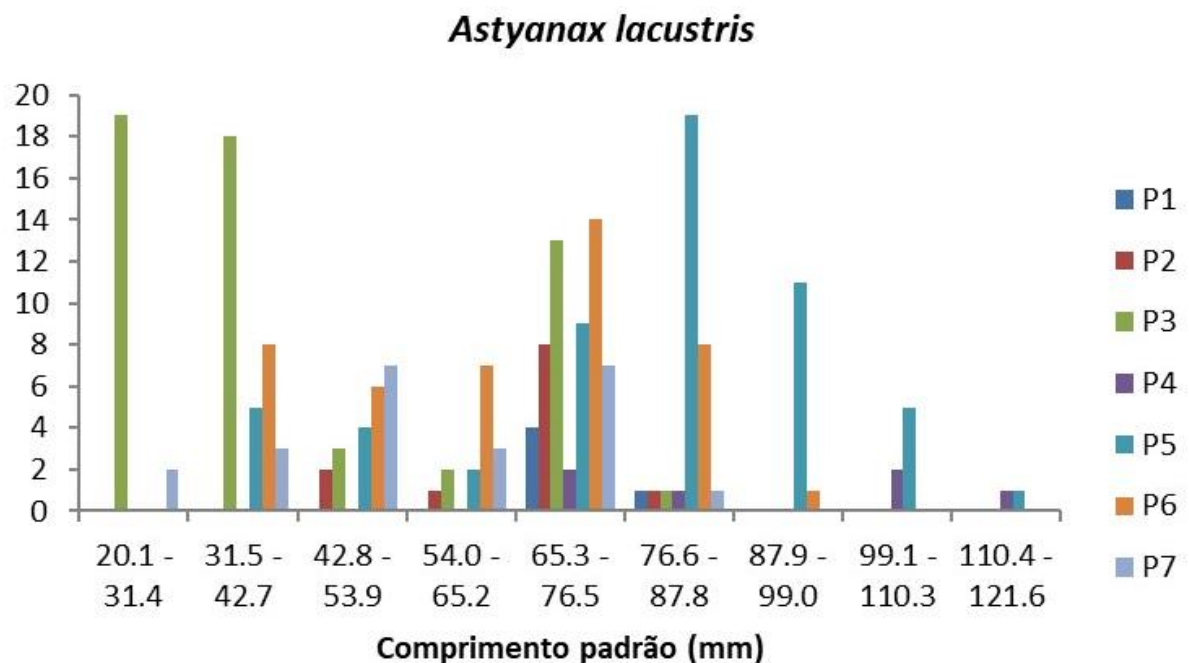


Figura 26: Onívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.



Fonte: Autoria própria.

Figura 27: Onívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.



Fonte: Autoria própria.

Figura 28: Piscívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

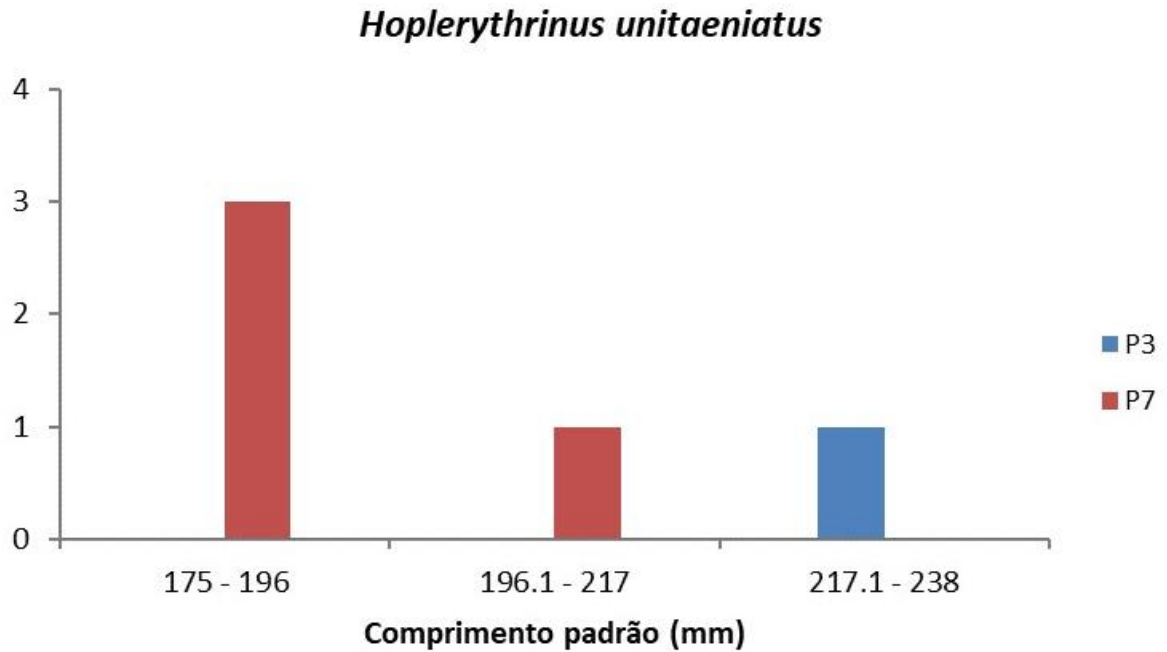


Figura 29: Onívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

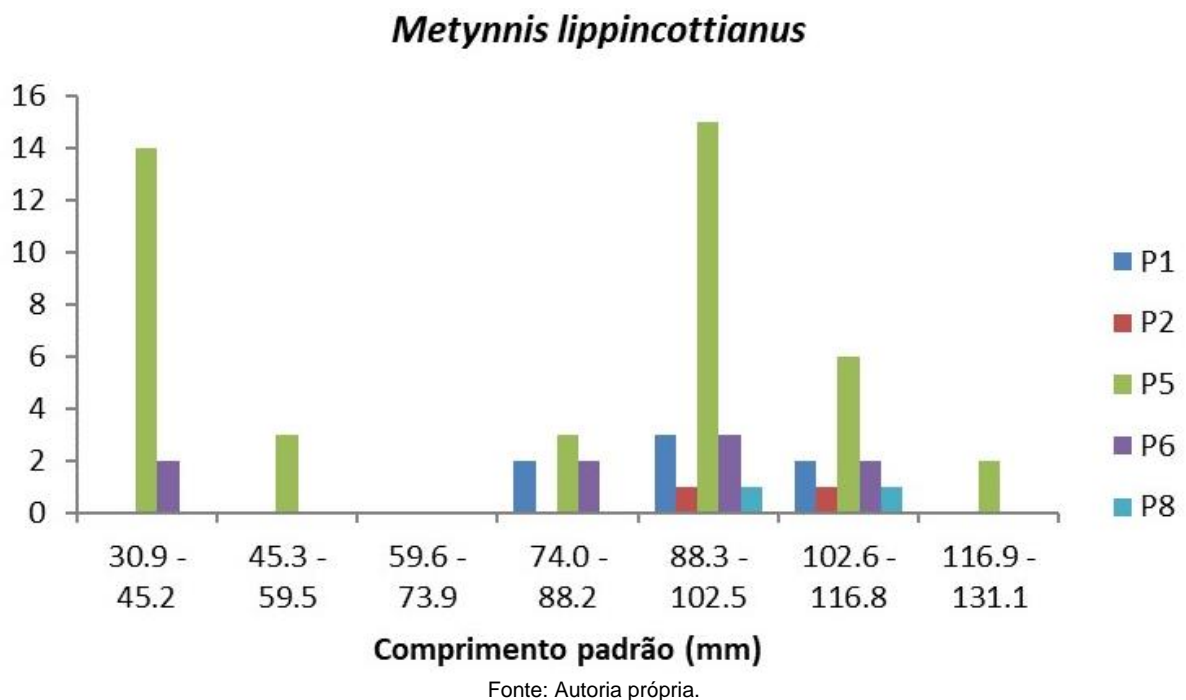


Figura 30: Onívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

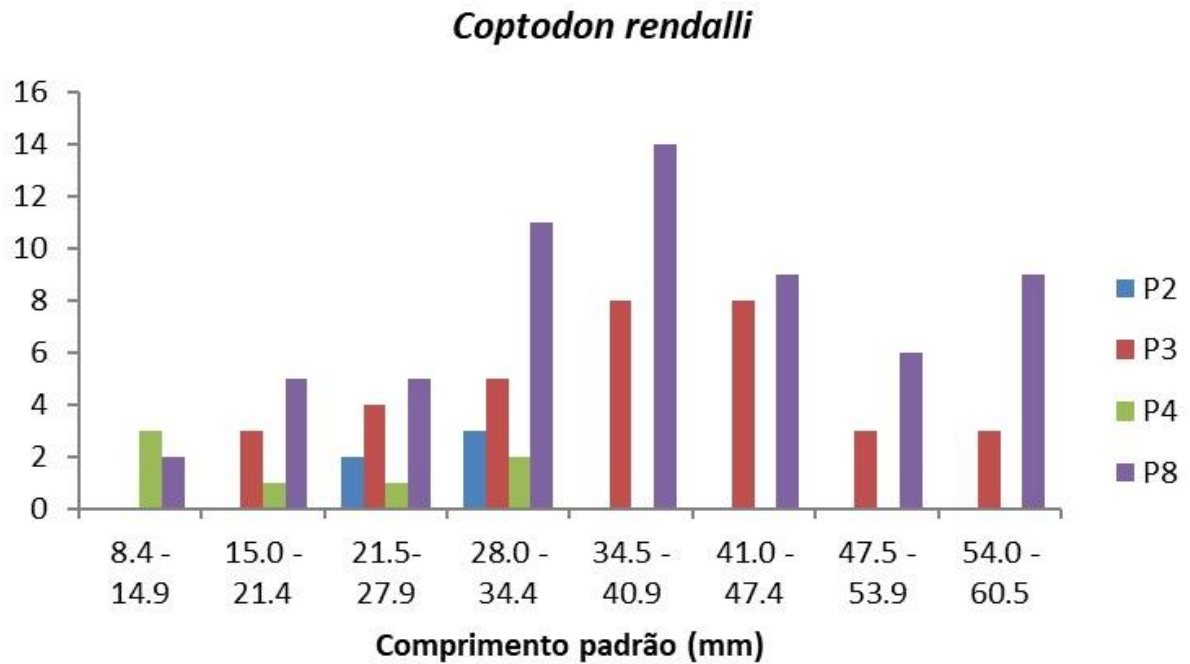


Figura 31: Onívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

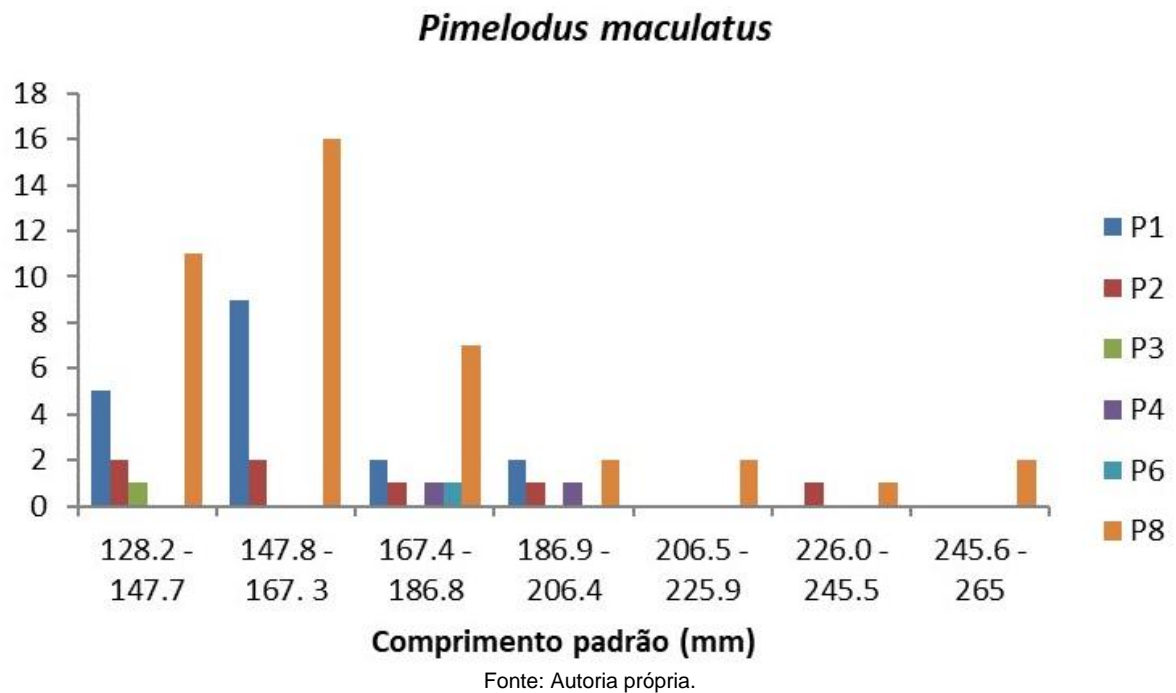


Figura 32: Insetívoro exótico. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

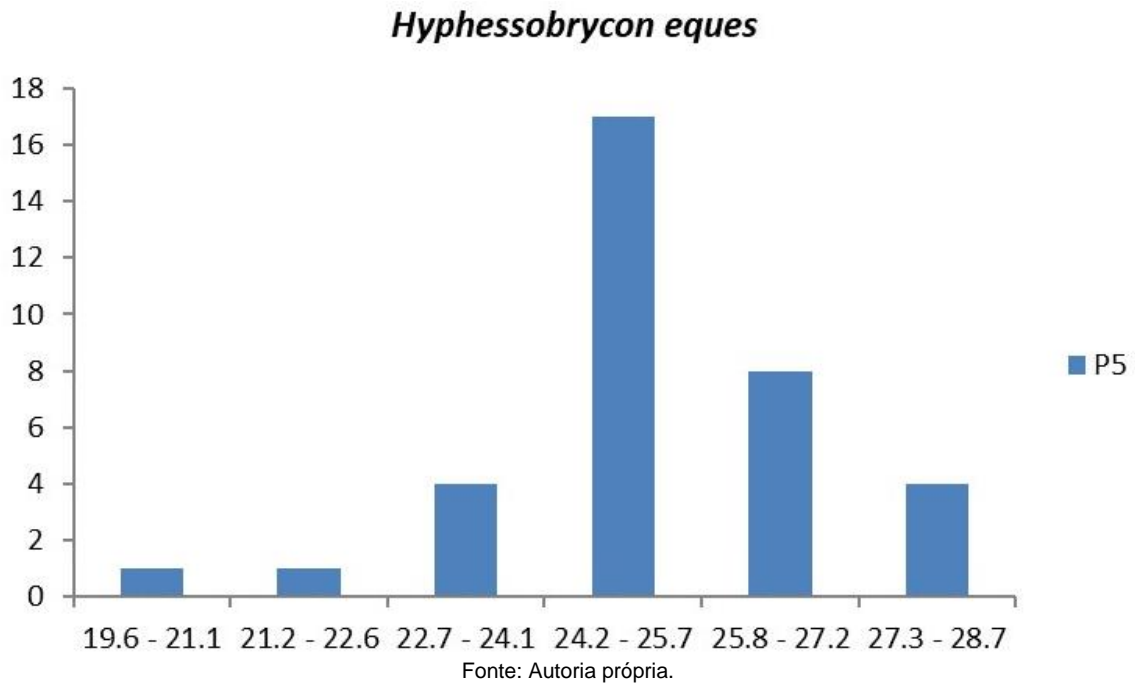


Figura 33: Insetívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

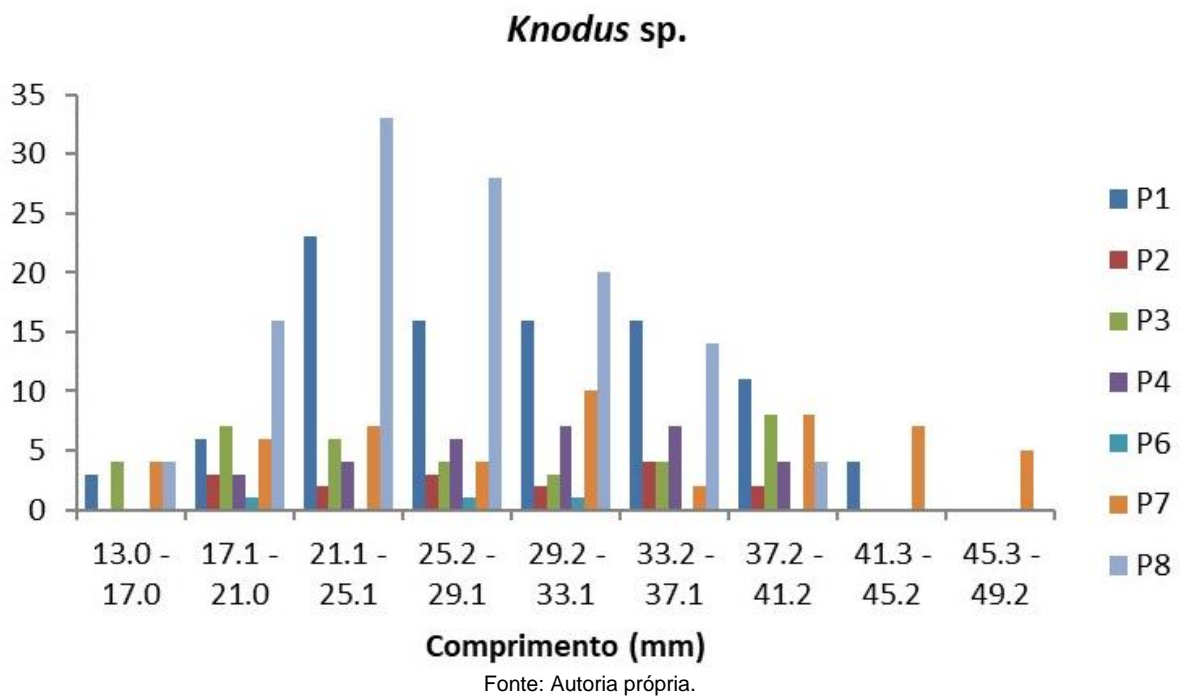




Figura 34: Insetívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

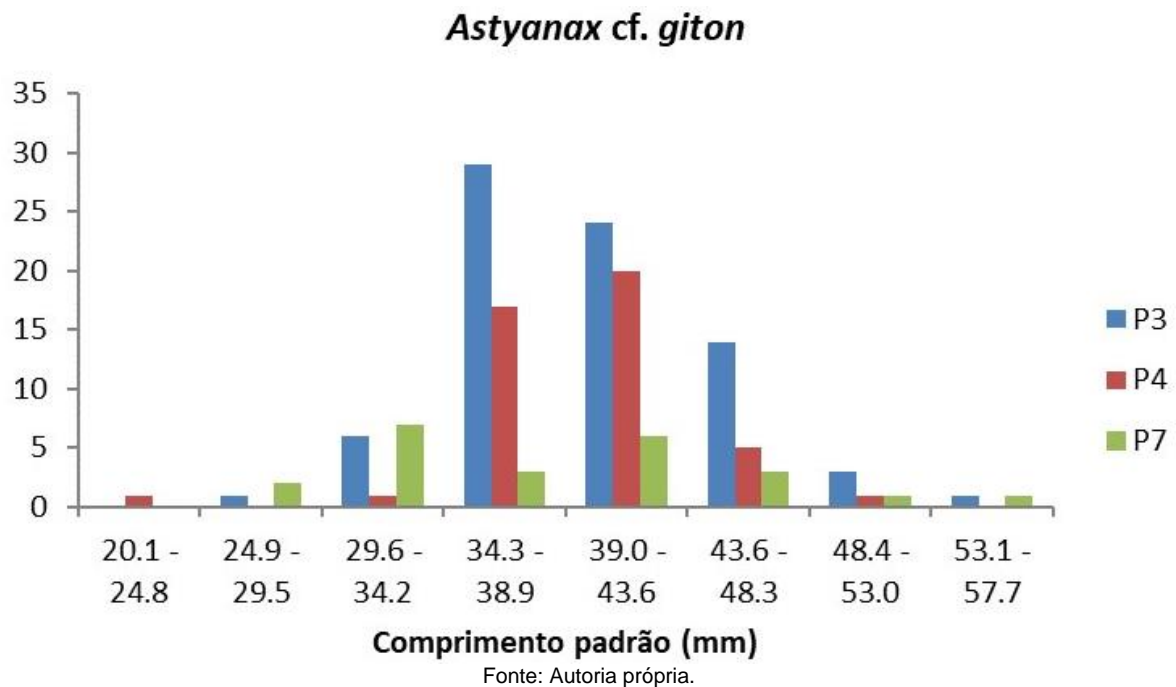


Figura 35: Insetívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.

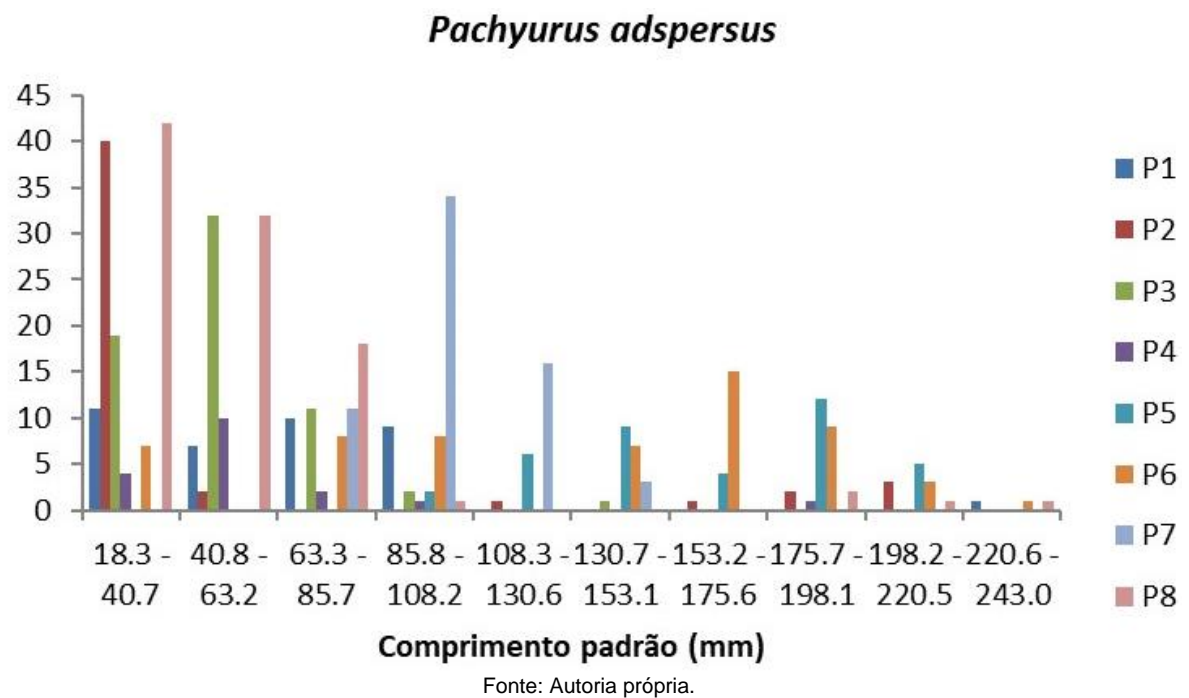
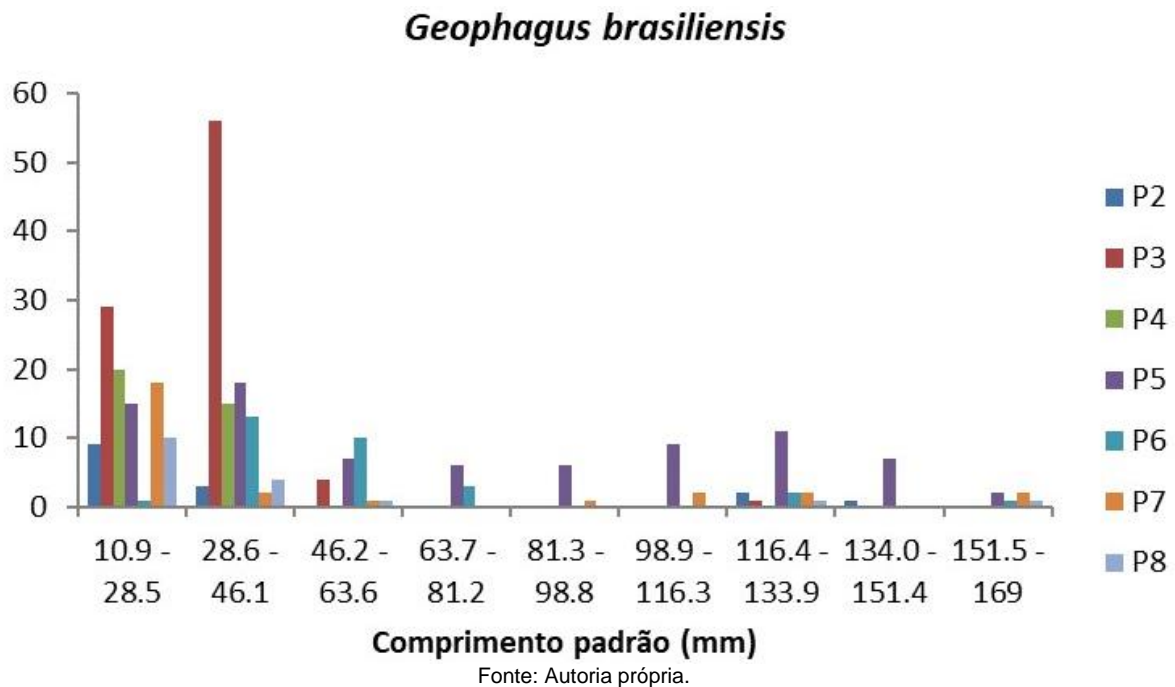


Figura 36: Insetívoro nativo. Frequência de indivíduos (eixo y) nas classes de tamanho calculadas para a espécie (eixo x), em cada ponto amostral.



## 1.5 DISCUSSÃO DAS ANÁLISES

A bacia como um todo e o trecho amostrado em particular, nunca foram estudados de forma sistemática e essa lacuna fica evidente ao determinar que, após seis meses de coletas mensais, 14 novos registros foram realizados e ainda não temos um perfil completo das espécies. Poucos foram os trabalhos de levantamento de espécies de peixes em afluentes e na calha principal do Rio Doce (e.g. Mota e Coelho 2005, Vieira 2006, Marques et al. 2013, Silva et al. 2013, Dergam et al. 2017). O número estimado por estes estudos é um total de 71 espécies de peixes nativas, sendo 11 delas, ameaçadas de extinção e 28 espécies exóticas registradas (Fundação Biodiversitas, 2018). Porém, considerando a falta de estudos especialmente desenvolvidos para o conhecimento da ictiofauna desta bacia, esses números podem ser considerados subestimados. No relatório de dados pretéritos, Dergam e colaboradores (2018) chegaram ao total de 135 espécies para a bacia. Esse número foi baseado em registros de espécies na bacia do Rio Doce que estão disponíveis na literatura indexada. Sarmiento-Soares e colaboradores (2017) estimam um total de aproximadamente 400 espécies para o Rio Doce, porém os dados destes autores foram baseados em registros das principais coleções brasileiras e mundiais. No entanto, o número de espécies proposto por esses autores pode estar superestimado, considerando-se que nem todos os registros de coleções possuem identificação acurada, sendo muitas vezes feitos por profissionais não especialistas em taxonomia de peixes.

Espécies de ocorrência rara, como o linguado do rio Mucuri e do exemplar de *Microcambeva* demonstram que algumas espécies podem estar em perigo iminente de extinção local. A bacia do Rio

Doce está em sua totalidade inserida no bioma Mata Atlântica, do qual restam apenas 12,4% de floresta original (SOS Mata Atlântica, acesso julho de 2018), que está sob ameaça de degradação constante, principalmente pela atividade agrária. Outros fatores de risco às espécies nativas da bacia são a crescente introdução de espécies exóticas (4 novos registros só nestes seis primeiros meses de estudo), a fragmentação de habitat devido às barragens instaladas ao longo da calha principal e o assoreamento do rio. A presença da *Ubarana Elops saurus*, de ocorrência inédita, reforça a necessidade de estudos mais profundos que caracterizem a relação entre o Rio Doce e o Oceano Atlântico.

As análises de *barcode* confirmam algumas evidências obtidas em trabalhos anteriores de que a *COI* não é um marcador adequado na delimitação de algumas espécies. A taxa de variação da molécula é muito baixa em táxons que sofreram especiação recente e muitas vezes a molécula não reflete a delimitação taxonômica (eg. Wingert, 2015; Wendt et al. 2019). Porém além da própria característica da molécula, outros eventos podem influenciar na incapacidade de delimitação de espécies através da *COI*, tais como hibridização. A possibilidade de hibridização entre as duas espécies de piranhas do gênero *Pygocentrus* foi levantada. Por enquanto, os dados estão restritos à sequências mitocondriais (*COI*) e a associação delas com os marcadores nucleares, em fase de desenvolvimento, permitirá uma compreensão melhor do nível de fluxo gênico dos peixes com ampla distribuição. Estes aspectos são fundamentais para entender o possível isolamento das assembleias de peixes, causados pelas quatro barragens.

A análise preliminar do conteúdo estomacal da maioria das espécies vai ao encontro da diferença entre a composição esperada e a observada da assembleia de peixes. Além de apresentar apenas 55% das espécies esperadas, a análise de agrupamento por espécie demonstra que a guilda funcional de detritívoros/raspadores de fundo está pouco representada.

Em geral, espera-se que ao longo do curso montante-jusante dos sistemas aquáticos, ocorram diferenças nas estruturas tróficas desses ambientes. Em sistemas aquáticos naturais, comunidades biológicas são caracterizadas como uma formação contínua temporal de realocação sincronizada de espécies, uma vez que existe um gradiente de microhabitats da cabeceira até a foz, da superfície a profundidade do rio (Vannote et al., 1980). Todas as comunidades bióticas dependem de um fornecimento de energia e interações ambientais para o desenvolvimento de suas atividades.

Em comunidades aquáticas, a entrada de energia autóctone é proporcionada pela fotossíntese de plantas, algas e por fitoplâncton que influenciam e são influenciados pelos parâmetros físicos da água. Entretanto, uma parte substancial da matéria orgânica em comunidades aquáticas provém do material alóctone que chega aos rios, via escoamento ou carregada pelo vento (Begon et al., 2007).

A “Teoria do Rio Contínuo” (*Continuum River Concept* ou CRC) aborda estes aspectos em escala longitudinal dentro de um ambiente aquático. Nela Vannote et al. (1980) propõem que a distribuição das espécies acompanha a variação dos habitats, principalmente em função de processamento de matéria orgânica e por meio de diferentes padrões tróficos ao longo do rio. Desta forma, esta teoria

prediz que em riachos de pequena ordem existe uma variabilidade ambiental maior, criando assim uma alta variabilidade de habitats disponíveis para serem explorados. Nesse sentido, além de mudanças na estrutura das comunidades, haveriam, também, mudanças no fluxo de energia (produção autóctone e alóctone) e mudanças nas guildas tróficas ao longo desse contínuo do rio. Assim, locais de baixa ordem estariam sujeitos a maior sombreamento pela vegetação ripária o que diminui a produtividade primária, levando os consumidores a utilizarem recursos alóctones ao sistema aquático. Nos locais de maior ordem, o sombreamento do canal diminui levando ao aumento da produção primária, a qual se torna um importante recurso alimentar. Porém, em ambientes como os rios de grande porte, a alta turbidez e grande profundidade limita a produção primária, tendendo o sistema a voltar a depender de recursos alóctones.

Entretanto, em algumas situações fica difícil aplicar a CRC, como em sistemas que passaram por alterações antropogênicas (Naiman, 1988). Tal seria o caso do Rio Doce, por ser intensamente assoreado, com aporte relativamente recente de rejeito de minério e um alto grau de turbidez.

A falta de ajuste dos nossos dados às expectativas do CRC está também influenciada pelos efeitos das barragens. A alta turbidez causada durante o período do evento de derramamento do rejeito de minério impediram a entrada da luz, eliminando a produção primária. Essa condição melhora durante o período de seca, mas recrudescer durante o período chuvoso. Nossas campanhas foram realizadas neste último período, o qual explica por que os detritívoros estão consumindo matéria orgânica altamente decomposta, ou seja, grandes quantias de detrito e poucas algas (as quais representam a baixa produção primária). Ao mesmo tempo, as espécies carnívoras aproveitam uma alta proporção de itens alimentares de origem autóctone, como peixes, camarões e moluscos, até mesmo as espécies onívoras tem feito uso mesmo que mais raro desses itens. Nessa condição distrófica, o barrigudinho *Poecilia vivipara* foi o mais abundante em termos de indivíduos. Uma espécie do mesmo gênero *Poecilia*, é comumente encontrada como sendo a mais abundante em rios e riachos impactados. Esta espécie apresenta uma vantagem sobre espécies nativas, pois exibe resistência a altas temperaturas, salinidade e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, isso torna a espécie resistente a ambientes alterados (são tolerantes à perda de habitat), se tornando uma espécie abundante nestes locais (Moyle e Cech Jr., 1996; Vieira e Shibatta, 2007). É considerada uma espécie pioneira e muitas vezes a abundância desta espécie é utilizada como indicador de qualidade ambiental (Ferreira e Casatti, 2006), sendo sua alta abundância relacionada a habitats simplificados, uma vez que ela alimenta-se de uma grande variedade de recursos e possui poucas exigências quanto à disponibilidade de sítios para reprodução (Reznick e Bryga 1987). Desta forma, por *P. vivipara* partilhar com *P. reticulata* características ecológicas, como oportunismo trófico, viviparidade, pouca exigência de habitat para reprodução, a abundância elevada desta espécie na bacia do rio Doce pode ser um indicativo da alta degradação ambiental que a bacia vem sofrendo, como barragens ao longo da calha principal, introdução de espécies exóticas, assoreamento, desmatamento, entre outros.

A distância entre o esperado pelo CRC e os dados empíricos tem sido utilizada para determinar quais as áreas da bacia de drenagem que requerem mais proteção, ou que apresentam importância especial

quanto à conservação biológica (Mendonça et al., 2005). Estudos têm demonstrado que o CRC é valioso quando usado para determinar o grau de integridade biótica da bacia de drenagem (Carpenter, 2001).

Em relação às teias tróficas, a mudança do ambiente no reservatório leva a alterações na disponibilidade e diversidade de alimentos. As espécies com dieta especializada tendem a desaparecer e aquelas com maior plasticidade alimentar são bem-sucedidas (Agostinho et al., 2007; Hahn e Fugi, 2007). Peixes piscívoros e predadores de topo, frequentemente espécies introduzidas, são favorecidos pela maior disponibilidade de alimentos (Hahn e Fugi, 2007).

Além dos aspectos tróficos, os efeitos reguladores de fluxo e a retenção de nutrientes das barragens explicam a virtual ausência de peixes detritívoros do gênero *Prochilodus*. É possível que em outros barramentos ao longo da calha, alguns afluentes conectados com os reservatórios mantenham uma relação de meta-populações, permitindo a existência de populações viáveis. Tal situação não parece ocorrer no trecho que foi amostrado, determinando a raridade dos peixes deste gênero.

## 1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A assembleia de peixes desta região foi moldada por dois tipos de impactos: um processo histórico representado pelo efeito acumulado de quatro barragens ao longo da calha do Rio Doce. Esse impacto ainda é evidente em relação à preponderância da biomassa de espécies exóticas no Ponto 01. Esse efeito fica mais atenuado em locais de coleta mais afastados da barragem da UHE Mascarenhas. De forma consistente, a biomassa de espécies nativas é maior nas lagoas e no córrego amostrado, os quais não foram impactados pelo derramamento do rejeito de minério. As barragens funcionam como reguladoras do fluxo do rio, determinando no grupo de peixes que têm ciclos reprodutivos e de crescimento relacionados com os ciclos de chuvas e secas na bacia, notadamente as curimbas do gênero *Prochilodus* e outras espécies que apresentam piracema. A ausência de detritos pode ser aumentada pela retenção de nutrientes por parte das barragens. As barragens também agem como sequestradoras de nutrientes, os quais acumulam-se na matéria orgânica nos sedimentos, sendo liberados na forma inorgânica na coluna d'água na época chuvosa. Nessa dinâmica, as barragens afetam de forma negativa a produção de pescado em vários rios como o Nilo e o Colorado.

O segundo impacto, de natureza aguda, está representado pelo evento de derramamento de rejeito de minério da barragem de Fundão, que enterrou e homogeneizou o fundo do rio, soterrou as superfícies que sustentavam perífiton, alterando ou destruindo os locais de refúgio e reprodução. O evento afetou principalmente a guilda funcional dos peixes detritívoros (tanto exóticas quanto nativas), resultando na preponderância de espécies onívoras e piscívoras.

As análises de diversidade genética e estruturação populacional são e serão úteis para diagnosticar as espécies mais vulneráveis aos impactos gerados pelo rompimento da barragem de mineração que resultou na contaminação da bacia do rio Doce. Porém, na fase atual do projeto de avaliação de impacto

utilizando as ferramentas genético-populacionais, as estimativas apresentadas neste relatório ainda são preliminares e não permitem que uma discussão aprofundada seja feita, pois o número amostral disponível nessa etapa foi baixo, os dados do marcador CYT B não foram disponíveis e a abrangência geográfica das amostras analisadas não foi representativa da bacia. Apesar disso, fomos capazes de detectar espécies com fortes indícios de diversidade críptica, apresentando distâncias genéticas compatíveis com níveis interespecíficos (ex. *Geophagus brasiliensis* e *Hoplias malabaricus*), dando uma ideia preliminar do que se pode esperar nas etapas futuras e norteando os próximos passos do projeto. Algumas linhagens que deveriam ser reconhecidas taxonomicamente como espécies estão sendo ignoradas do ponto de vista da conservação, pois permanecem ocultas sob o mesmo epíteto específico. Nossos resultados dão uma ideia da diversidade críptica presente na ictiofauna do rio Doce e evidenciam a importância de estudos que investiguem essa diversidade.

## 1.7 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Alves, C.B.M., Vieira, F., Magalhães, A.L., Brito, M.F.G. (2007) Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: present situation and prospects. In: Bert, T.M., editors. Ecological and genetic implications of aquaculture activities. Dordrecht: Springer. pp. 291-0314.

Alves-Silva, A. P., Dergam, J. A. (2015). Cryptic Speciation Within the Neotropical Cichlid *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) (Teleostei Cichlidae): A New Paradigm in Karyotypical and Molecular Evolution. *Zebrafish*, 12(1): 1-11.

Akama, A., Netto-Ferreira, A. L., Paixão, A. , et al. (2018). *Prochilodus vimboides* Kner, 1859. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI - Peixes. Brasília: ICMBio. p. 36-39.

Angermeier, P. L., Karr, J. R. (1984). Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. In: Zaret, T. M. (Ed.). Evolutionary ecology of Neotropical freshwater fishes. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Netherlands.

Begon, M. et al. (2009). Ecologia. In: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2007. 740 p

Carpenter, D. A. (2001). Testing the river continuum concept: exploring ecological processes in the Wheeling Creek watershed. Master of Arts in Geography, Univ. West Virginia, Morgantown, West Virginia 57p.

Dergam, J. A., Ferreira, F. F., Pinho, F. M. (2017). Primeiro levantamento de ictiofauna da bacia do Rio Doce após o rompimento da barragem de rejeito da Samarco, em Mariana-MG. Relatório projeto GIAIA: Viçosa. 38 p

Dergam, J. A., Silva, P. C., Gomes, J. P., Barros, L., Bonato, K. O. (2018). Relatório de dados pretéritos Anexo 7 – Ictiofauna dulcícola. Relatório apresentado à Rede Rio Doce Mar e Renova. 73 p

Fricke, R., Eschmeyer, W.N., Van der Laan, R. (eds) 2019. Eschmeyer's Catalog of fishes: genera, species, references. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 03 June 2019.

Godinho, A.L., Fonseca, M.T., Araújo, L.M. (1994). The ecology of predator fish introductions: the case of Rio Doce Valley Lakes. In: Pinto-Coelho, R.M., Giani, E.V.S. (editors). Ecological and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais. Belo Horizonte: SEGRAC. pp. 77-83.

Latini, A.O., Lima-Junior, D.P., Glacomini, H.C., Latini, R.O., Resende, D.C., et al. (2004) Alien fishes in lakes of the Doce River Basin (Brazil): range, new occurrences and conservation of native communities. *Lundiana* 5: 135–142.

- Machado, V. N., Collins, R. A., Ota, R. P., Andrade, M. C., Farias, I. P., Hrbek, T. (2018). One thousand DNA barcodes of piranhas and pacus reveal geographic structure and unrecognised diversity in: the Amazon. *Scientific Reports*, 8: 8387
- Marques, B. S., Belei, F., Martins, W. S. S. (2013). Ictiofauna do baixo rio Manhuaçu (bacia do médio Rio Doce). *Evolução e Conservação da Biodiversidade*, 4(1): 32-41.
- Mendonça, F.P., Magnusson, W. E., Zuanon, J. (2005). Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. *Copeia*, 4: 750-763.
- Mota, T. G., Coelho, R. (2005). <http://www.rmpceciologia.com/projetos/riodoce/peixes.htm>. Acesso em 07/2018.
- Naiman, R.J., Décamps, H., Pastor, J., Johnston, C.A. (1988). The potential importance of boundaries to fluvial ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*, 7: 289-306.
- Pinto-Coelho, R.M., Bezerra-Neto, J.F., Miranda, F., Mota, T.G., Reck, R., et al. (2008) The inverted trophic cascade in tropical plankton communities: Impacts of exotic fish in the Middle Rio Doce lake district, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68: 1025–1037.
- Sales, N. G, Mariani, S., Salvador, G. N., Pessali, T. C., Carvalho, D. C. (2018). Hidden diversity hampers conservation efforts in a highly impacted Neotropical river system. *Frontiers in Genetics*. 9:271.
- Sarmiento-Soares, L. M., Martins-Pinheiro, R. F., Rodrigues, L. N. (2017). Peixes do Rio Doce segundo as coleções. *Boletim da sociedade brasileira de ictiologia*, 123:9-25
- Silva, C. L., Costa, A. T., Landa, G. G., Fonseca, H. F. C., Silveira, A. (2013). Evaluation of sediment contamination by trace elements and the zooplankton community analysis in area affected by gold exploration in Southeast (SE) of the Iron Quadrangle, Alto Rio Doce, (MG) Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25(2): 150-157.
- Wendt, E., Silva, P. C., Malabarba, L. R., Carvalho, T. P. (2019). Phylogenetic relationships and biogeography of *Oligosarcus* (Teleostei: Characidae): Examining riverine landscape evolution in southeastern South America. Submitted to *Molecular Phylogenetics and Evolution*.
- Wingert, J. M. (2015). Sistemática do gênero *Odontesthes* Evermann & Kendall, 1906 (Atherinomorpha: Atherinopsidae). Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Biologia Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 187 p
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:130-137.
- Vieira, F. A. (2006). Ictiofauna do rio Santo Antônio, bacia do Rio Doce, MG: proposta de conservação. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre). Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte. 101p.



- Schleiger, S. L. (2000). Use of an index of biotic integrity to detect effects of land uses on stream fish communities in West-Central Georgia. *Transactions of the American Fisheries Society*. 129:1118-1133.
- Vieira, F. (2006). A ictiofauna do Rio Santo Antônio, bacia do Rio Doce, MG: proposta de conservação. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 101 p.
- Vieira, D.B., Shibatta, O.A. (2007). Peixes como indicadores da qualidade ambiental do ribeirão Esperança, município de Londrina, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*, 7(1).
- Vieira, F., Gomes, J.P.C., Maia, B.P., Martins, L.G. (2015). Peixes do quadrilátero ferrífero: guia de identificação. Fundação Biodiversitas: Belo Horizonte. 208 p.
- Moyle, P.B., Cech, J.R., J.J. (1996). *Fishes: an introduction to ichthyology*. 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Ferreira C. P. Casatti L. (2006). Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. *Biota Neotropica*, 6 (3) –
- Reznick, D. N., Bryga, H. (1987). Life-history evolution in guppies (*Poecilia reticulata*): 1. Phenotypic and genetic changes in an introduction experiment. *Evolution*, 41:370-1385.