

**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 3 – Marinho Zooplâncton

RT-07E 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 3

Fabian Sá (UFES)

Subprojeto Zooplâncton

Luís Fernando Loureiro (UFES)

SUMÁRIO

1	OBJETIVO	8
2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
2.1	BIOMASSA	8
2.2	QUALI-QUANTITATIVO	10
2.3	PADRÃO REGIÃO SUL	17
2.4	APA COSTA DAS ALGAS	19
2.5	FOZ DO RIO DOCE	22
2.6	REGIÃO NORTE	25
2.7	ABROLHOS	27
3	CONCLUSÕES	28
4	REFERÊNCIAS	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Biomassa (mg.m^{-3}) da região da Foz do Rio Doce compreendendo as campanhas semestral e novembro/2018.	9
Figura 2: Biomassa (mg.m^{-3}) da região da Foz do Rio Doce compreendendo as campanhas dezembro/2018 e trimestral/2019.....	10
Figura 3: Táxons mais representativos do zooplâncton da área de estudo. (a) Clausocalanus furcatus; (b) Paracalanus spp.; (c) Oikopleura longicauda; (d) Sagittidae.	14
Figura 4: Abundância média (ind. m^{-3}) do zooplâncton nos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.....	15
Figura 5: Abundância relativa (AR%) do holoplâncton e meroplâncton e riqueza (d') de Decapoda (larva) nos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.	16
Figura 6: Abundância relativa (%) de copepoditos e adultos de Copepoda nos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.....	17
Figura 7: Abundância total (ind. m^{-3}) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral no setor Sul compreendendo a campanha semestral/2018.....	18
Figura 8: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor Sul em termos de composição e abundância da comunidade zooplanctônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.....	18
Figura 9: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor Sul, compreendendo a campanha semestral/2018.....	19
Figura 10: Abundância total (ind.m^{-3}) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral do setor APA Costa das Algas em cada estrato compreendendo a campanha semestral/2018.	20
Figura 11: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor APA Costa das algas em termos de composição e abundância da comunidade zooplanctônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.....	21
Figura 12: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor APA Costa das Algas, compreendendo a campanha semestral/2018.	21
Figura 13: Abundância total (ind. m^{-3}) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral do setor Foz, em cada estrato, compreendendo a campanha semestral/2018.	23

Figura 14: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor Foz em termos de composição e abundância da comunidade zooplanctônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.....	24
Figura 15: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor Foz, compreendendo a campanha semestral/2018.....	24
Figura 16: Abundância total (ind. m ⁻³) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral do setor Norte, em cada estrato, compreendendo a campanha semestral/2018.	25
Figura 17: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor Norte em termos de composição e abundância da comunidade zooplanctônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.....	26
Figura 18: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor Norte, compreendendo a campanha semestral/2018.....	26
Figura 19: Abundância total (ind. m ⁻³) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral do setor Norte, em cada estrato, compreendendo a campanha semestral/2018.	27
Figura 20: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor Norte em termos de composição e abundância da comunidade zooplanctônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.....	27
Figura 21: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor Norte, compreendendo a campanha semestral/2018.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Biomassa (mg.m^{-3}) da região da Foz do Rio Doce compreendendo as campanhas semestral/2018, novembro/2018, dezembro/2018 e trimestral/2019.....	8
Tabela 2: Abundância e índices ecológicos do zooplâncton nos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018. H': diversidade de Shannon; J': equitabilidade de Pielou; d: riqueza de Margalef.....	15

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Composição de Copepoda dos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.	11
Quadro 2: Composição do holoplâncton dos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.	12
Quadro 3: Composição do meroplâncton dos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.	13

1 OBJETIVO

Analisar quali-quantitativamente o zooplâncton na região de amostragem verificando as possíveis alterações na composição, biomassa, abundância e diversidade.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 BIOMASSA

A biomassa (Figura 1, Figura 2 e Tabela 1) variou entre 0,0003 e 0,717 mg.m⁻³, sendo que os maiores valores foram encontrados no estrato de fundo (KW = p<0,05 para as campanhas de novembro e janeiro). Estes valores são considerados baixos quando comparados com outros estudos na plataforma continental brasileira (BRANDINI et al., 1997; MELO et al., 2016), sendo que os maiores valores estiveram associados à isóbata de 20 m do setor sul, tanto para os estratos de superfície quanto de fundo. Esta região é caracterizada por constante remobilização do sedimento de fundo (DOMINGUEZ, 2006; QUARESMA, 2015) e, possivelmente, disponibilização de nutrientes para a coluna d'água (FANNING et al., 1982; CAPET, 2016; NIEMITÖ et al., 2018).

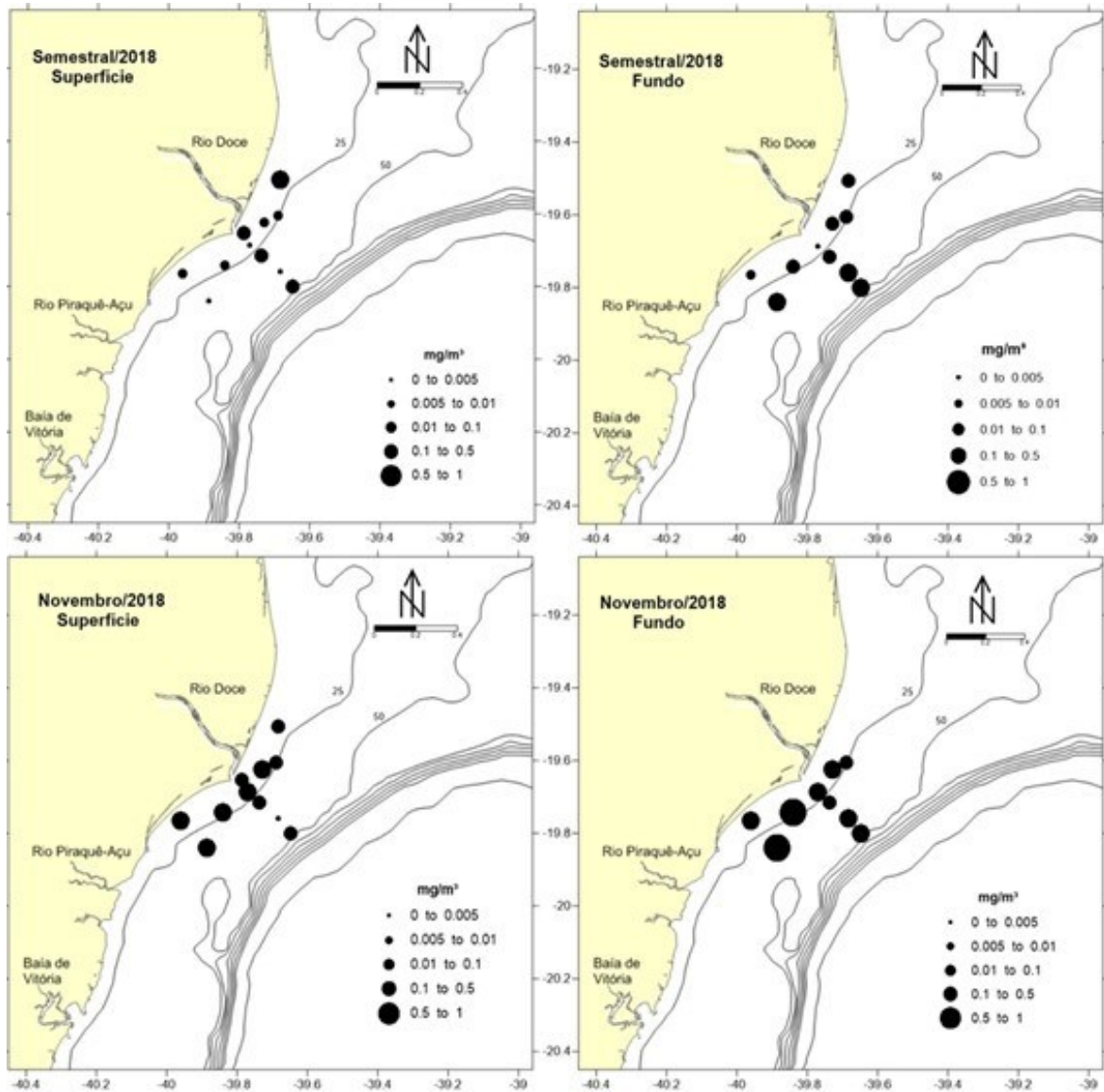
Tabela 1: Biomassa (mg.m⁻³) da região da Foz do Rio Doce compreendendo as campanhas semestral/2018, novembro/2018, dezembro/2018 e trimestral/2019.

	Semestral	NOV	DEZ	JAN (Trimestral)
SD N13	0,1540	0,0699	0,0653	0,0294
SD N13	0,0645	-	-	0,0307
SD N30	0,0065	0,0939	0,1437	0,0075
SD N30	0,0124	0,0827	0,0458	0,0959
SD N20	0,0096	0,1026	0,1225	0,0136
SD N20	0,0267	0,1505	0,1633	0,1286
SD 1	0,0117	0,0204	0,0216	0,0191
SD 2	0,0003	0,2289	0,0888	0,0789
SD 2	0,0022	0,1641	0,0474	0,2091
SD 03	0,0221	0,0221	0,0181	0,0652
SD 03	0,0965	0,0965	0,0497	0,2090
SD 04	0,0048	0,0048	0,0747	0,1002
SD 04	0,0078	0,0078	0,0552	0,2096
SD 04	0,1237	0,1237	0,2174	0,4625
SD 05	0,0008	0,2777	0,0815	0,0083
SD 05	0,1987	0,5145	0,1613	0,0339
SD 05	0,0069	0,4670	0,1014	0,2779
SD S30	0,0255	0,7170	0,2062	0,5352
SD S30	0,0082	0,1228	0,0147	0,0257

	Semestral	NOV	DEZ	JAN (Trimestral)
SD S20	0,0058	0,1370	0,0247	0,1229
SD S20	0,0107	0,0107	0,0421	0,0466
SD S13	0,0448	0,0448	0,0585	0,1159
SD S13	0,4138	0,1379	0,0522	0,3020

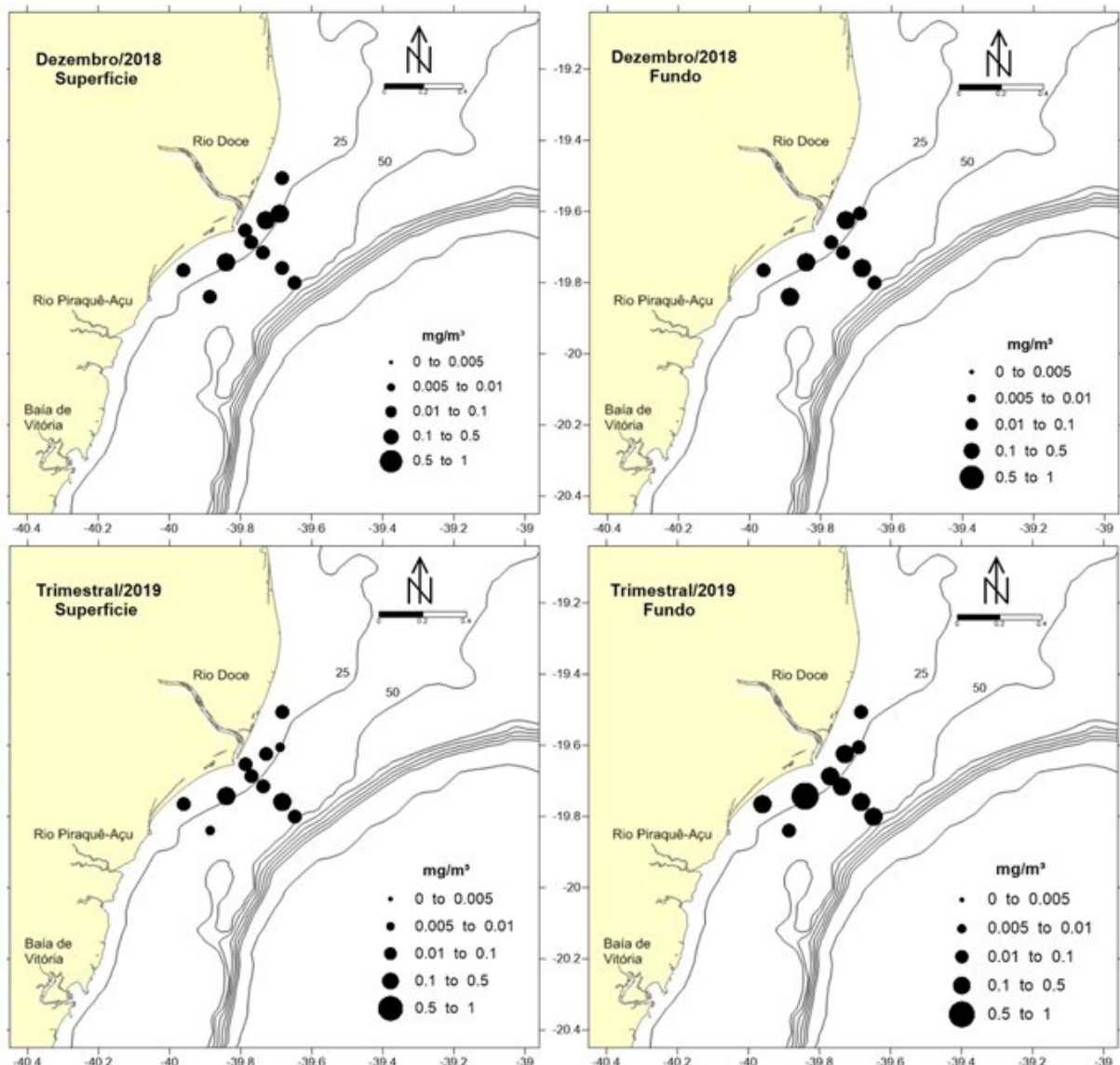
Fonte: Autoria própria.

Figura 1: Biomassa ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) da região da Foz do Rio Doce compreendendo as campanhas semestral e novembro/2018.



Fonte: Autoria própria.

Figura 2: Biomassa ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) da região da Foz do Rio Doce compreendendo as campanhas dezembro/2018 e trimestral/2019.



Fonte: Autoria própria.

2.2 QUALI-QUANTITATIVO

A composição da comunidade zooplanctônica foi representada por 258 táxons, onde 89 pertencem à classe Copepoda (Quadro 1), 60 táxons representantes dos demais grupos holoplanctônicos (Quadro 2) e 109 constituintes do meroplâncton (Quadro 3); são organismos típicos de ambiente marinho tropical e que constituem elos importantes da teia trófica marinha (BRANDINI et al., 1997; BONECKER, 2006; BONECKER et al., 2014). Os táxons que mais contribuíram na caracterização da área de estudo foram os gêneros Clausocalanus, Paracalanus e Temora (Figura 3). São organismos típicos de regiões tropicais e subtropicais que dominam a parcela de consumidores primários do plâncton, com hábito alimentar generalista, preferencialmente herbívoro (FROST; FLEMINGER, 1968; SANT'ANNA; BJÖRNBERG, 2006; BENEDETTI et al., 2016; MENEZES et al., 2019).

Quadro 1: Composição de Copepoda dos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abruços compreendendo a campanha semestral/2018.

Copepoda	Copepoda	Copepoda
Calanoida	<i>Haloptilus longicornis</i>	<i>Clytemnestra</i> spp.
<i>Calanus</i> spp.	<i>Heterorhabdus papilliger</i>	<i>Oithona plumifera</i>
Calanidae	<i>Lucicutia flavicornis</i>	<i>Oithona nana</i>
<i>Calanoides carinatus</i>	<i>Lucicutia</i> spp.	<i>Oithona hebes</i>
<i>Nannocalanus minor</i>	Metridinidae	<i>Oithona oculata</i>
<i>Undinula vulgaris</i>	<i>Pleuromamma gracilis</i>	<i>Oithona</i> spp.
<i>Undinula</i> spp.	<i>Pleuromamma xiphias</i>	<i>Lubbockia squillimana</i>
<i>Acrocalanus longicornis</i>	<i>Pleuromamma</i> spp.	<i>Oncaea</i> cf. <i>media</i>
<i>Acrocalanus</i> sp.	<i>Centropages velificatus</i>	<i>Oncaea curvata</i>
<i>Calocalanus contractus</i>	<i>Centropages violaceus</i>	<i>Oncaea venusta</i>
<i>Calocalanus pavo</i>	<i>Centropages</i> spp.	<i>Oncaea</i> spp.
<i>Calocalanus pavoninus</i>	<i>Temora stylifera</i>	<i>Triconia conifera</i>
<i>Calocalanus styliremis</i>	<i>Temora turbinata</i>	<i>Hemicyclops thalassius</i>
<i>Calocalanus</i> spp.	<i>Candacia bipinnata</i>	<i>Copilia vitrea</i>
<i>Paracalanus aculeatus</i>	<i>Candacia bispinosa</i>	<i>Sapphirina nigromaculata</i>
<i>Paracalanus</i> spp.	<i>Candacia pachydactyla</i>	<i>Sapphirina opalina</i>
<i>Parvocalanus scotti</i>	<i>Candacia</i> spp.	<i>Sapphirina ovatolanceolata gemma</i>
<i>Parvocalanus crassirostris</i>	Pontellidae	<i>Sapphirina</i> spp.
<i>Parvocalanus</i> spp.	<i>Calanopia americana</i>	Corycaeidae
<i>Mecynocera clausi</i>	<i>Labidocera acutifrons</i>	<i>Agettus flaccus</i>
<i>Rhincalanus</i>	<i>Labidocera fluviatilis</i>	<i>Corycaeus speciosus</i>
<i>Subeucalanus pileatus</i>	<i>Labidocera</i> spp.	<i>Ditrichocorycaeus amazonicus</i>
<i>Subeucalanus</i> spp.	<i>Acartia danae</i>	<i>Onychocorycaeus giesbrechti</i>
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	<i>Acartia lilljeborgi</i>	<i>Onychocorycaeus latus</i>
<i>Clausocalanus furcatus</i>	<i>Acartia negligens</i>	<i>Farranula gracilis</i>
<i>Clausocalanus</i> spp.	<i>Acartia</i> spp.	Siphonostomatoida
<i>Scolecithrix danae</i>	Harpacticoida	<i>Caligus</i> spp.
<i>Scolecithricella tenuiserrata</i>	<i>Macrosetella gracilis</i>	Monstrilloida
<i>Scolecithricella</i> spp.	<i>Euterpina acutifrons</i>	<i>Cymbasoma gracile</i>
<i>Paramisophria</i> spp.	<i>Clytemnestra scutellata</i>	

Fonte: Autoria própria.

Quadro 2: Composição do holoplâncton dos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.

Holoplâncton	Holoplâncton
<i>Liriope tetraphylla</i>	<i>Pterosagitta draco</i>
Siphonophora	<i>Caecosagitta macrocephala</i>
Pteropoda	<i>Decipisagitta</i> spp.
<i>Limacina</i> spp.	<i>Decipisagitta decipiens</i>
<i>Atlanta</i> spp.	<i>Decipisagitta sibogae</i>
<i>Creseis</i> spp.	<i>Flaccisagitta</i> spp.
Heteropoda	<i>Flaccisagitta enflata</i>
Crustacea (nauplio)	<i>Flaccisagitta hexaptera</i>
<i>Pleopis polyphemoides</i>	<i>Mesosagitta minima</i>
Ostracoda	<i>Parasagitta</i> spp.
Amphipoda	<i>Parasagitta friderici</i>
Hyperideia	<i>Parasagitta tenuis</i>
<i>Lestrignonus schizogoneios</i>	<i>Sagitta</i> spp.
<i>Phronima</i> spp.	<i>Sagitta bipunctata</i>
<i>Lestrignonus</i> spp.	<i>Sagitta helenae</i>
<i>Synopia</i> spp.	<i>Serratosagitta serratodentata</i>
Gammaroidea	<i>Oikopleura</i> spp.
<i>Stenopleura</i> spp.	<i>Oikopleura dioica</i>
Euphausiacea (larva)	<i>Oikopleura longicauda</i>
<i>Euphausia similis</i>	<i>Oikopleura fusiformis</i>
<i>Euphausia</i> spp.	<i>Oikopleura intermedia</i>
Mysida	<i>Fritillaria</i> spp.
Luciferidae	<i>Fritillaria formica</i>
<i>Belzebub faxoni</i>	<i>Fritillaria pellucida</i>
Sergestidae	<i>Thalia democratica</i>
<i>Acetes</i> spp.	<i>Salpa fusiformis</i>
<i>Peisos</i> spp.	<i>Doliolum nationalis</i>
<i>Sergestes</i> spp.	<i>Dolioletta gegenbauri</i>
Sagittidae	Syngnathidae
<i>Krohnitta</i> spp.	Larva de invertebrado
<i>Krohnitta subtilis</i>	

Fonte: Autoria própria.

Quadro 3: Composição do meroplâncton dos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abruços compreendendo a campanha semestral/2018

Meroplâncton	Meroplâncton	Meroplâncton
Hydrozoa	Axiidae	<i>Pinnixa</i> spp.
<i>Obelia</i> spp.	Callianassidae	<i>Austinixa cristata</i>
Turbellaria (müller larvae)	<i>Callianassa</i> spp.	<i>Austinixa</i> spp.
Nemertea (pilidium)	<i>Callichirus</i> spp.	<i>Sakaina</i> spp.
Polychaeta	Brachyura	Caridea
Chaetopteridae	<i>Ethusa</i> spp.	Alpheidae
Terebellidae	<i>Menippe nodifrons</i>	<i>Alpheus</i> spp.
Syllidae	Hymenosomatidae	<i>Synalpheus</i> spp.
Nereididae	<i>Halicarcinus</i> spp.	Hippolytidae
Chrysopetalidae	Leucosiidae	<i>Hippolyte</i> spp.
Spionidae	<i>Ebalia</i> spp.	<i>Crangon</i> spp.
Magelonidae	<i>Persephona mediterranea</i>	Atyidae
Phyllodocidae	<i>Persephona</i> spp.	<i>Rynchocinetes</i> spp.
Polynoidae	Majoidea	<i>Cinetorhynchus</i> spp.
<i>Owenia</i> spp.	Epialtinae	Palaemonidae
<i>Typhloscolex</i> spp.	<i>Leurocyclus tuberculatus</i>	<i>Cuapetes</i> spp.
Mollusca	<i>Pyromaia tuberculata</i>	<i>Palaemon</i> spp.
Gastropoda	<i>Apiomithrax violaceus</i>	<i>Typton</i> spp.
Cephalopoda (paralarva)	Majidae	Psiphaeidae
Bivalvia (larva)	Mithracidae	<i>Leptocheila</i> spp.
Cirripedia	Parthenopidae	<i>Processa</i> spp.
Stomatopoda	<i>Platylambrus serratus</i>	Gebiidea
Squillidae	Portuninae	<i>Axianassa</i> spp.
Isopoda	<i>Arenaeus</i> spp.	Thalassinidae
Cumacea	<i>Callinectes</i> spp.	Upugebiidae
Decapoda (larva)	<i>Portunus (Achelous) spinicarpus</i>	<i>Upugebia</i> spp.
Penaeidae	<i>Portunus (Portunus) gibbesii</i>	Polychelida
<i>Penaeus</i> spp.	<i>Portunus</i> spp.	Echinodermata (larva)
<i>Rimapenaeus</i> spp.	Xanthidae	Echinoidea (pluteus)
Palinuridae	<i>Acantholobulos</i> spp.	Holoturoidea
Galatheidae	<i>Hexapanopeus</i> spp.	Cidaroidea
Porcellanidae	<i>Panopeus</i> spp.	Ophiuroidea (ophiopluteus)
<i>Marginella</i> spp.	<i>Troglocarcinus corallicola</i>	Asteroidea
Diogenidae	Grapsidae	Bryozoa (larva)
Paguridae	Ocypodidae	Phoronida (larva)
<i>Anapagurus</i> spp.	Pinnotheridae	
<i>Pagurus</i> spp.	<i>Pinnixa gracilipes</i>	

Fonte: Autoria própria.

Figura 3: Táxons mais representativos do zooplâncton da área de estudo. (a) *Clausocalanus furcatus*; (b) *Paracalanus* spp.; (c) *Oikopleura longicauda*; (d) Sagittidae.



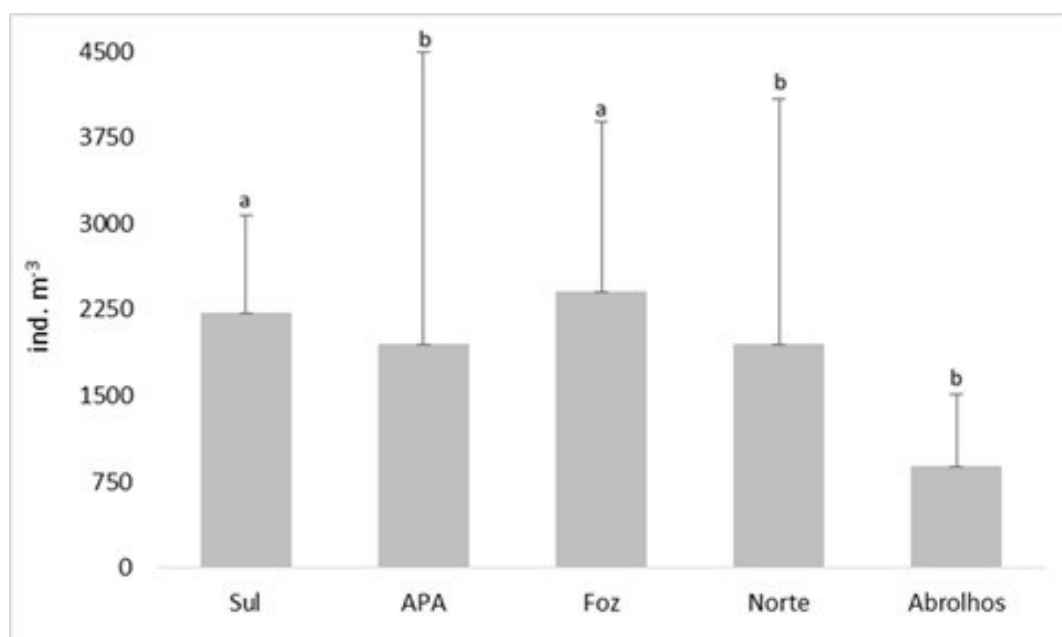
Fonte: Autoria própria.

A abundância média foi maior nos setores Sul e Foz (KW $p < 0,05$) (Figura 4), porém mesmo nessas regiões ela foi considerada baixa quando comparada com os resultados registrados por Bonecker et al. (2014) para a região da bacia de Campos. Uma comunidade zooplancônica pouco densa pode afetar a sustentação de populações de peixes cujas larvas são planctívoras, podendo afetar toda a cadeia trófica (PECK et al., 2015).

No momento da chegada da lama de rejeito, o zooplâncton sofreu um impacto agudo, refletido em um pico de abundância ($> 200.000 \text{ ind.m}^{-3}$), formado por poucas espécies de hábitos oportunistas e perda de biodiversidade (LOUREIRO FERNANDES; PEREIRA, 2017). No ano seguinte, passada a influência aguda do impacto, a abundância retomou valores intermediários, mas a diversidade se manteve baixa ($< 2 \text{ bits.ind}^{-1}$) (LOUREIRO FERNANDES; PEREIRA, 2017). No presente estudo, a diversidade e equitabilidade registraram valores entre 2 e 3 bits.ind^{-1} e $> 0,5$ respectivamente (Tabela 2). O teste de Kruskal-Wallis (KW) apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para estes índices ecológicos, onde a

APA e Abrolhos, que compreendem unidades de conservação ambiental, apresentaram os maiores valores, indicando um ambiente relativamente conservado. Regiões próximas a desembocadura de rios tendem a ter uma maior riqueza de espécies quando comparada a outros ambientes costeiros, devido ao aporte de larvas e alteração periódica das condições ambientais em momentos de maior e menor influxo de águas continentais (PERUMAL et al., 2009). A região da foz do rio Doce apresentou os menores valores dos índices ecológicos, especialmente as amostras da isóbata de 20m e as amostras coletadas na presença da pluma de sedimentos, sendo bem abaixo da média de riqueza encontrada nas demais regiões analisadas. Em pesquisa realizada dois anos antes do rompimento da barragem de rejeitos de minério, a comunidade zooplânctônica, na foz do Rio Doce, apresentou maiores valores de diversidade em relação a toda bacia do Espírito Santo e porção norte da Bacia de Campos (PETROBRAS, 2015). A diferença em relação ao presente estudo indica que a comunidade ainda não conseguiu retomar a sua condição natural na foz do rio Doce, observada antes da chegada da lama de rejeitos.

Figura 4: Abundância média (ind. m⁻³) do zooplâncton nos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.



Fonte: Autoria próprio.

Tabela 2: Abundância e índices ecológicos do zooplâncton nos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018. H': diversidade de Shannon; J': equitabilidade de Pielou; d: riqueza de Margalef.

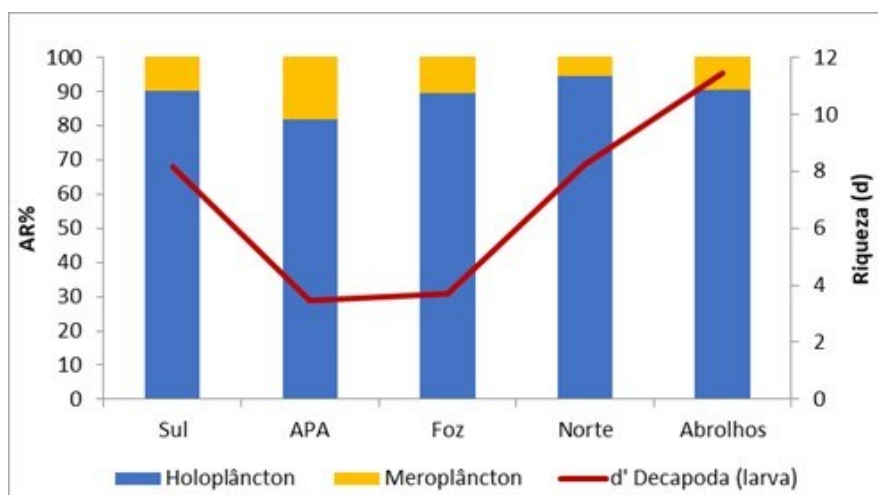
Região	ind.m ⁻³ (média)	H'	J'	d
Sul	2216,06	2,39	0,66	5,06
APA	1904,27	2,74	0,73	5,93
FOZ	2408,20	2,47	0,67	4,81
Norte	1948,09	2,41	0,65	6,23
ABR	882,02	2,62	0,70	6,65

Fonte: Autoria própria.

As regiões da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas (APA) e a região de Abrolhos foram as que tiveram maior abundância relativa de larvas de organismos meroplânctônicos, com predominância de larvas de briozoários e gastrópodes. Apesar disso, a APA apresentou menores valores de riqueza de espécies de decapoda, diferentemente de Abrolhos, onde foi encontrada a maior riqueza de larvas destes organismos (Figura 5), indicando uma comunidade bentônica bem preservada. A abundância de larvas de organismos bentônicos possui correlação com a abundância dos organismos adultos presentes em uma dada região (CLOUGH et al. 1996), que, por sua vez, podem ser utilizados como parâmetros para avaliação do grau de interferência antropogênica (MUXIKA et al., 2007). Neste quesito a região da Foz do Rio Doce se destacou negativamente, pois apresentou os menores valores de riqueza de larvas de espécies de Decapoda (Figura 5).

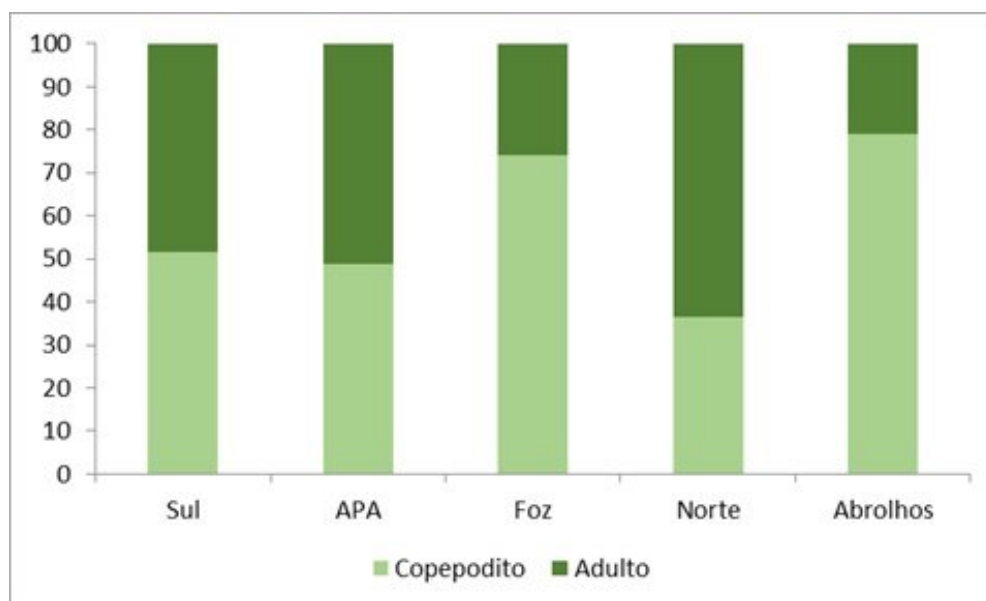
A composição dos organismos, em sua maioria, foi representada por indivíduos de espectro de tamanho pequeno (Paracalanidae), além de copepoditos, que na região da Foz e de Abrolhos, foram os mais representativos, apresentando mais de 70% do total (Figura 6). Estudos que constataram resultado semelhante sugerem que a alta mortalidade de paracalanídeos, devido a impactos antropogênicos e perda por predação, pode ser compensada pela sua reprodução contínua e taxa de crescimento rápida em ambientes de alta temperatura e grande disponibilidade de alimento, e por esse motivo, resultam em uma comunidade abundante em formas juvenis, comuns em regiões sob distúrbios ambientais, sobretudo de origem antrópica (TURNER, 2004; CHEW; CHONG, 2015). Estes resultados, depois de três anos do rompimento da barragem de Fundão, sugerem um ambiente sob influência crônica do rejeito depositado no leito marinho, que é remobilizado pela hidrodinâmica local, elevando a turbidez. Segundo Hatje et al. (2017), uma maior turbidez na coluna d'água pode provocar a morte dos organismos por soterramento e asfixia devido a presença de maiores concentrações de material particulado em suspensão. Reforça esta conclusão, o fato de que os menores índices são encontrados na região da isóbata de 20m e não imediatamente na desembocadura do rio, porém, para se confirmar tal hipótese, um monitoramento de longo prazo se faz necessário.

Figura 5: Abundância relativa (AR%) do holoplâncton e meroplâncton e riqueza (d') de Decapoda (larva) nos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6: Abundância relativa (%) de copepoditos e adultos de Copepoda nos setores Sul, APA, Foz, Norte e Abrolhos compreendendo a campanha semestral/2018.

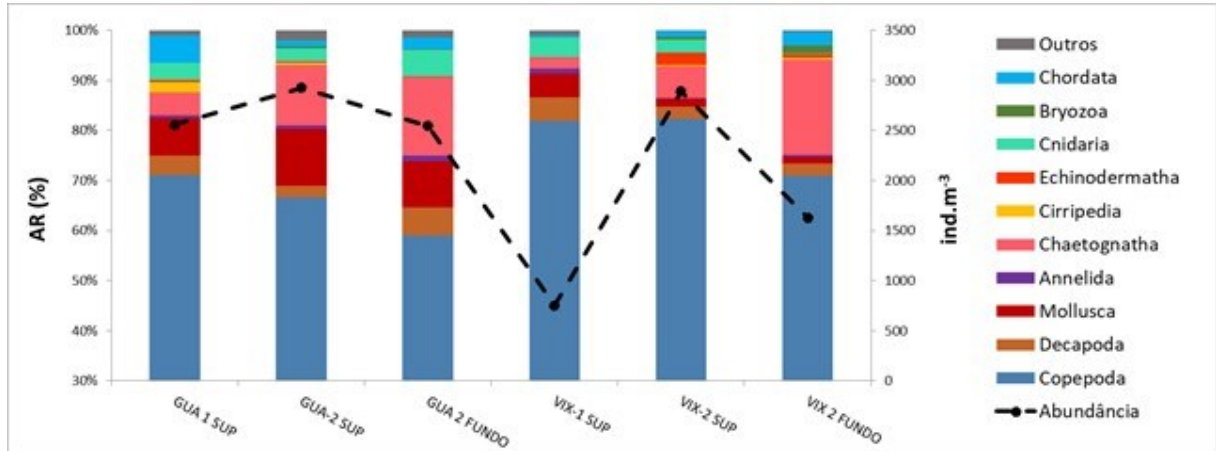


Fonte: Autoria própria.

2.3 PADRÃO REGIÃO SUL

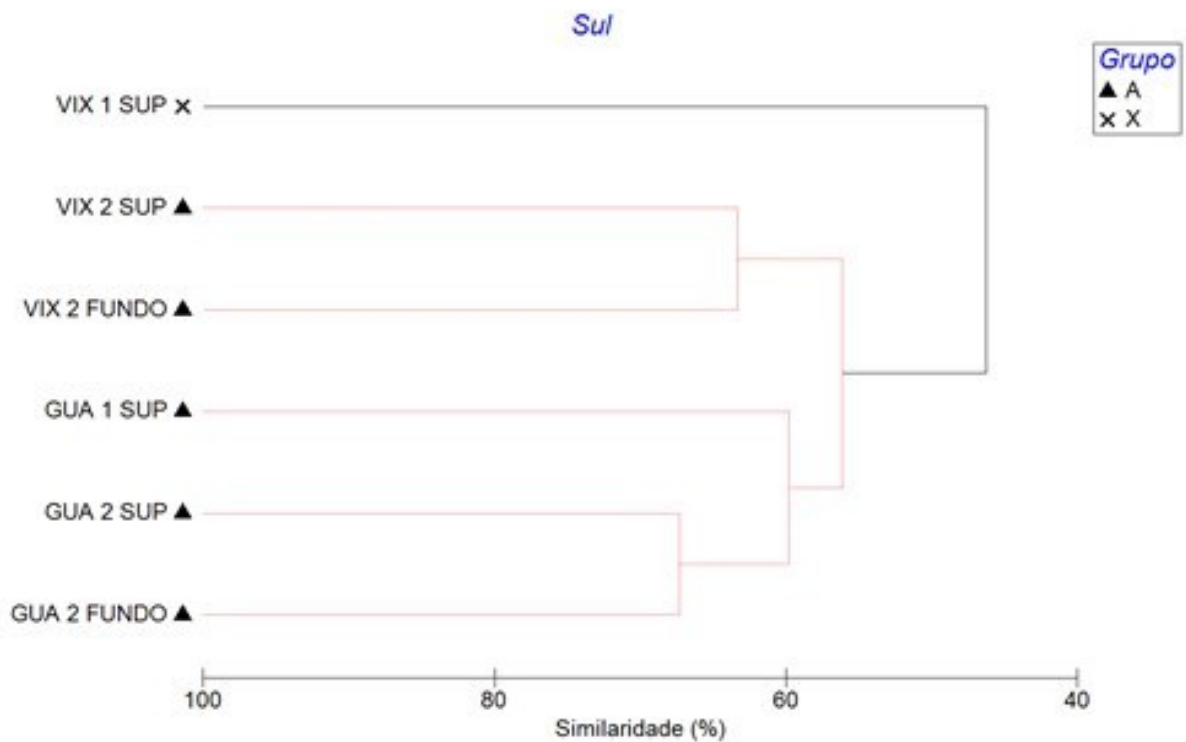
A abundância do zooplâncton foi considerada baixa ($< 3\text{mil ind.m}^{-3}$) (Figura 7). O ponto VIX 1 foi estatisticamente diferente dos demais na análise de agrupamento (Figura 8) devido ao baixo valor de abundância total e alta abundância relativa de *Euterpina acutifrons*, que é uma espécie indicadora de ambientes impactados (MARTINS et al., 2006). Este ponto está localizado em uma área portuária onde a influência de impactos antrópicos é bastante pertinente, podendo provocar assim a dominância de táxons específicos que são mais resistentes às alterações no ambiente. *Temora turbinata* foi o táxon com o maior percentual de contribuição para o agrupamento gerado no dendrograma (Figura 8). Essa espécie é considerada marinha-eurialina com grande tolerância a variações de temperatura e salinidade (Lopes et al., 1998) além de ser considerada uma espécie invasora (Ávila et al., 2009) e ocorrer preferencialmente em águas costeiras com salinidade elevada. Os pontos GUA 1 e GUA 2 foram os que tiveram os maiores valores de riqueza e equitabilidade (Figura 9), com menor dominância de Copepoda e maior contribuição de larvas de organismos meroplânctônicos, como moluscos e decápodes (Figura 7). A região de Guarapari está inserida em uma área de proteção ambiental (APA-SETIBA), que abrange o arquipélago das três ilhas, rico em fauna marinha com registros de uma das maiores biodiversidade de ecossistemas marinhos do Brasil.

Figura 7: Abundância total (ind. m⁻³) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral no setor Sul compreendendo a campanha semestral/2018.



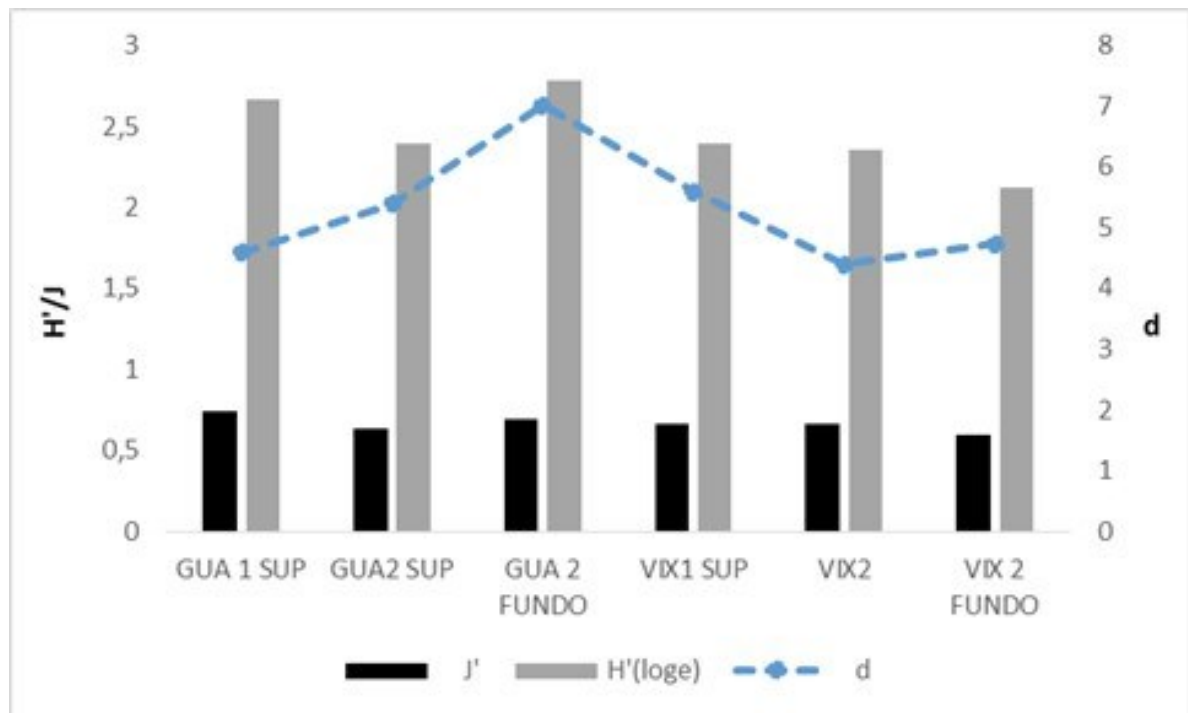
Fonte: Autoria própria.

Figura 8: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor Sul em termos de composição e abundância da comunidade zooplancônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor Sul, compreendendo a campanha semestral/2018.

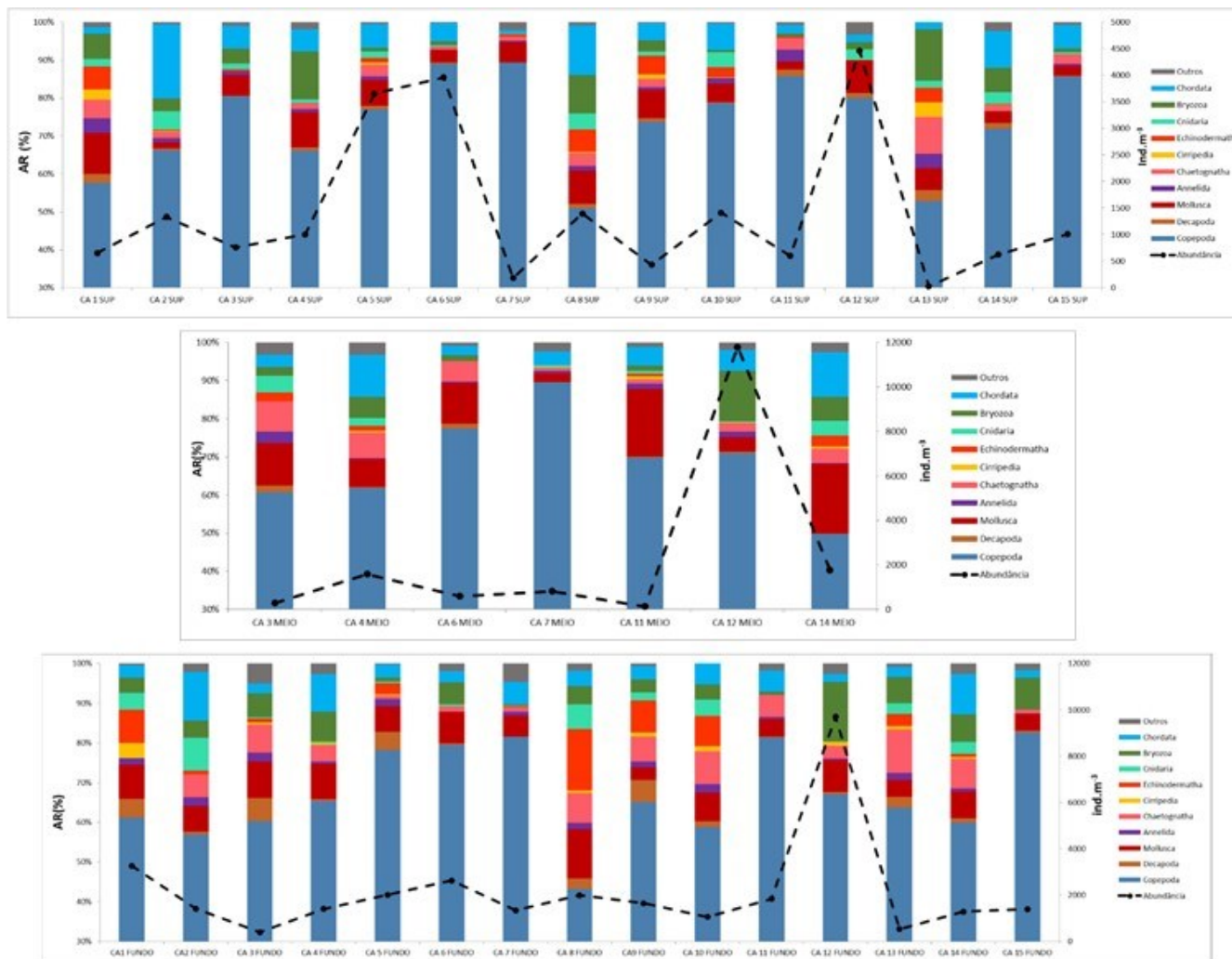


Fonte: Autoria própria.

2.4 APA COSTA DAS ALGAS

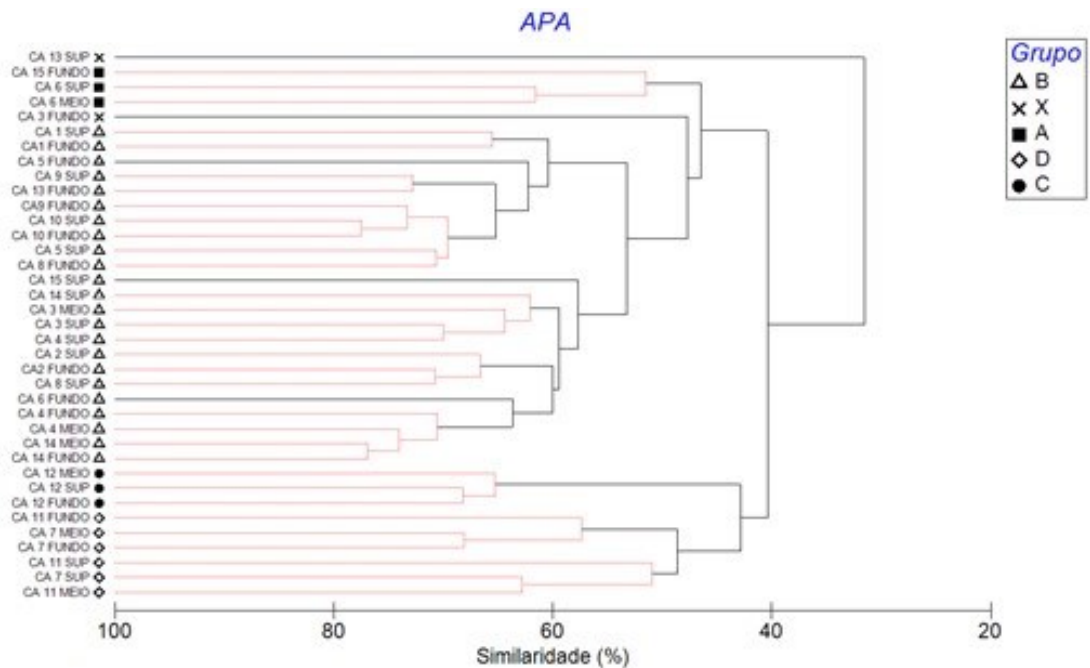
A abundância no estrato de superfície foi considerada baixa ($<1500 \text{ ind.m}^{-3}$) (Figura 10), com exceção dos pontos CA 5, CA 6 e CA 12. Para os pontos onde Copepoda dominou com mais de 70% da abundância, as larvas de organismos meroplânctônicos como moluscos e briozoários, perderam representatividade, provavelmente devido à competição. No estrato meio, a abundância registrada foi baixa ($< 500 \text{ ind.m}^{-3}$) (Figura 10), com exceção do ponto CA 12 que chegou a um pico de aproximadamente 12 mil ind.m^{-3} . Este ponto formou um agrupamento com amostras dos três estratos (Figura 10) onde *Temora stylifera* e *Triconia conifera* foram as espécies dominantes. Já no estrato de fundo, a representatividade de táxons do meroplâncton foi maior, porém, a abundância total se manteve baixa, com exceção para o ponto CA12 com um pico de aproximadamente 12 mil ind.m^{-3} (Figura 10), onde Bryozoa representou aproximadamente 20% da comunidade. Em relação aos índices ecológicos, a diversidade e riqueza foram consideradas médias (Figura 12), com exceção do ponto CA 6 SUP, onde a diversidade registrada foi apenas 1,56 bits.ind^{-1} , coincidindo com a dominância de Copepoda em aproximadamente 90% da comunidade, sendo *Clausocalanus furcatus* a espécie dominante.

Figura 10: Abundância total (ind.m⁻³) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral do setor APA Costa das Algas em cada estrato compreendendo a campanha semestral/2018.



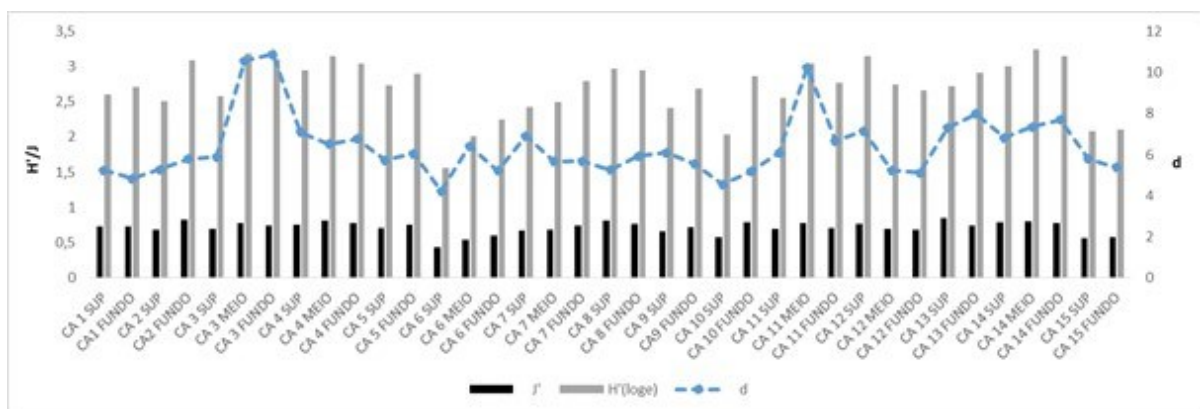
Fonte: Autoria própria.

Figura 11: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor APA Costa das algas em termos de composição e abundância da comunidade zooplancônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.



Fonte: Autoria própria.

Figura 12: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor APA Costa das Algas, compreendendo a campanha semestral/2018.

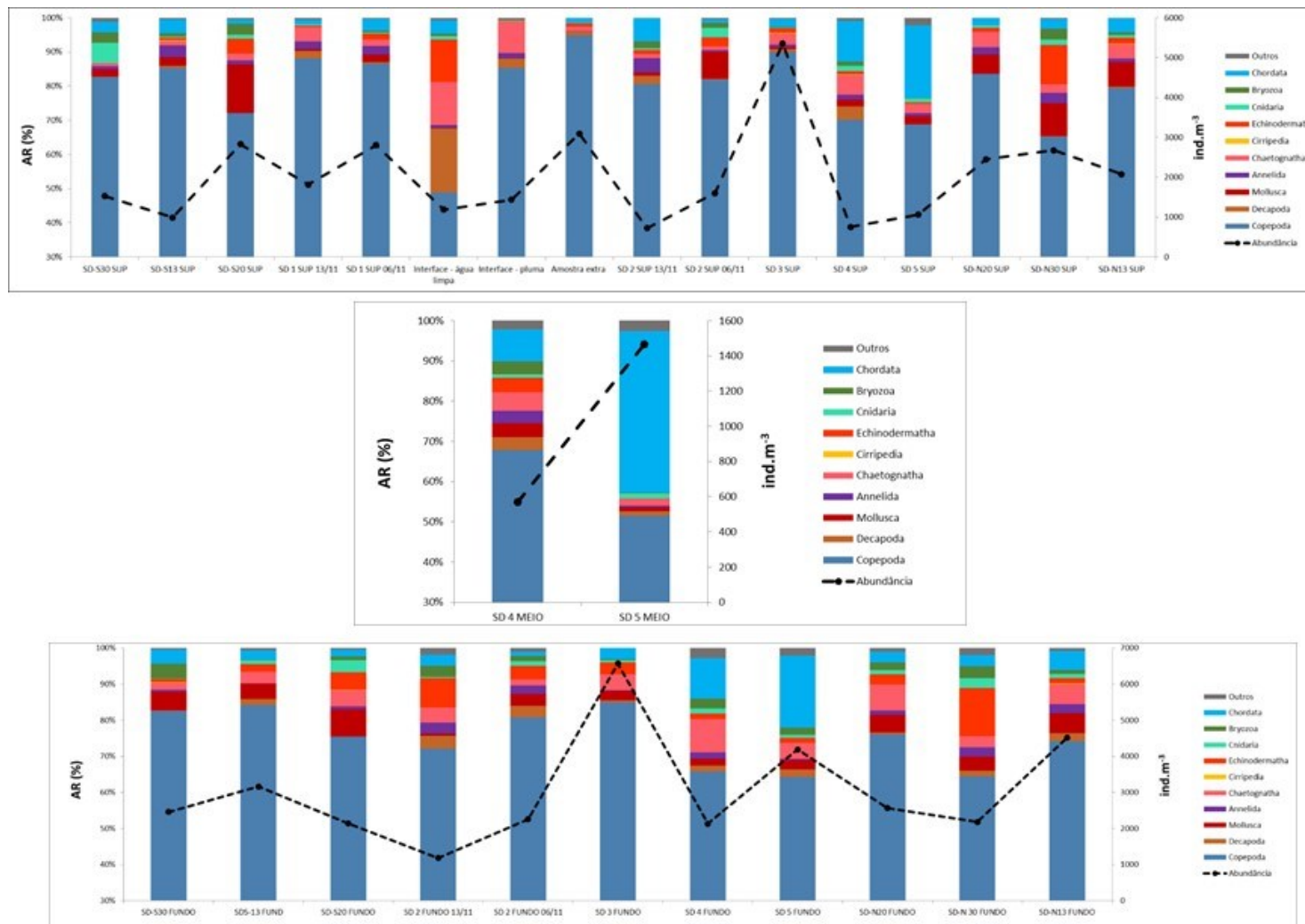


Fonte: Autoria própria.

2.5 FOZ DO RIO DOCE

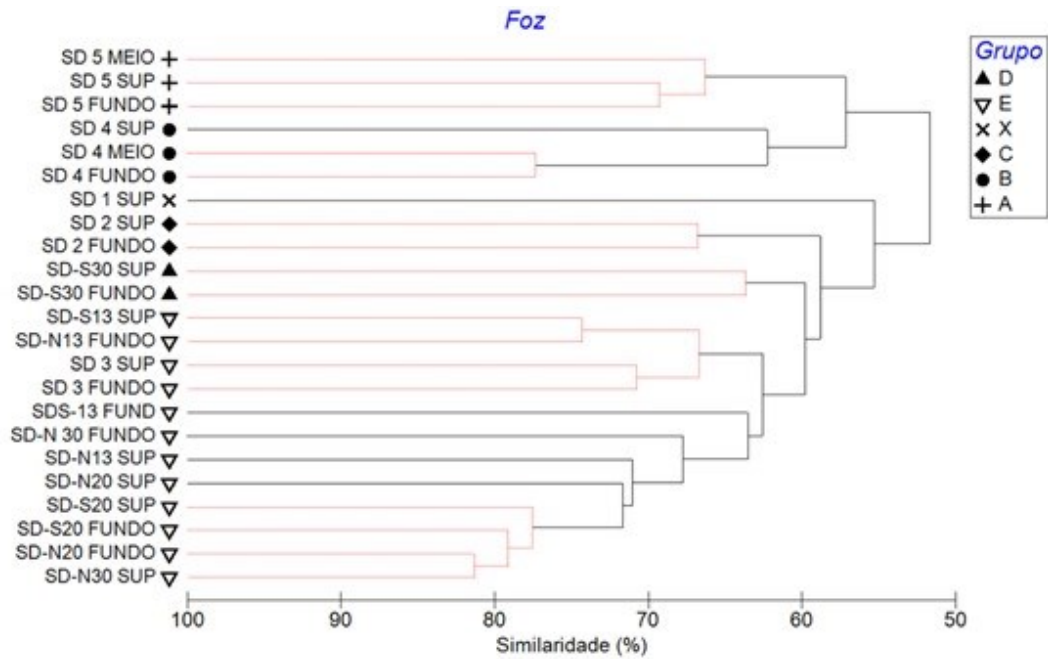
Considerando os subsetores da foz do Rio Doce, Copepoda e Mollusca (Figura 13) foram os mais representativos em termos de abundância para o setor norte, porém a análise de similaridade não detectou um agrupamento dos pontos amostrais baseado na setorização (Figura 14). O setor norte apresentou valores médios de índices ecológicos (Figura 15). No setor central, a abundância foi maior no período de menor precipitação, considerando os pontos mais próximos à desembocadura do Rio Doce (SD 1 e SD 2 - (Figura 13)). Os pontos SD 4 e SD 5 formaram grupos distintos (Figura 14) e registraram os maiores valores de diversidade e riqueza (Figura 15), sendo estes pontos mais próximos da quebra da plataforma, com características mais oceânicas. O ponto SD 3 registrou índices ecológicos menores aos valores encontrados ao longo do presente monitoramento. Este baixo valor pode estar relacionado à remobilização do material depositado no leito marinho devido à ação de ondas, como já registrado por Dominguez (2006) e Quaresma et al. (2015), bem como outras forças que provocam a ressuspensão do sedimento, podendo afetar a comunidade zooplânctônica, como supracitado no item 2.2. Além disso, no SD 3, Copepoda foi o táxon dominante, com predominância de copepoditos. A predominância de juvenis pode indicar que a comunidade zooplânctônica esteja em constante tentativa de recuperação. Esta hipótese é reforçada pela maior representatividade de espécies de espectro de tamanho pequeno que, segundo Turner (2004), apresentam uma taxa de crescimento rápida e reprodução contínua. O subsetor sul registrou os menores índices ecológicos (Figura 15), bem como baixa abundância.

Figura 13: Abundância total (ind. m⁻³) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral do setor Foz, em cada estrato, compreendendo a campanha semestral/2018.



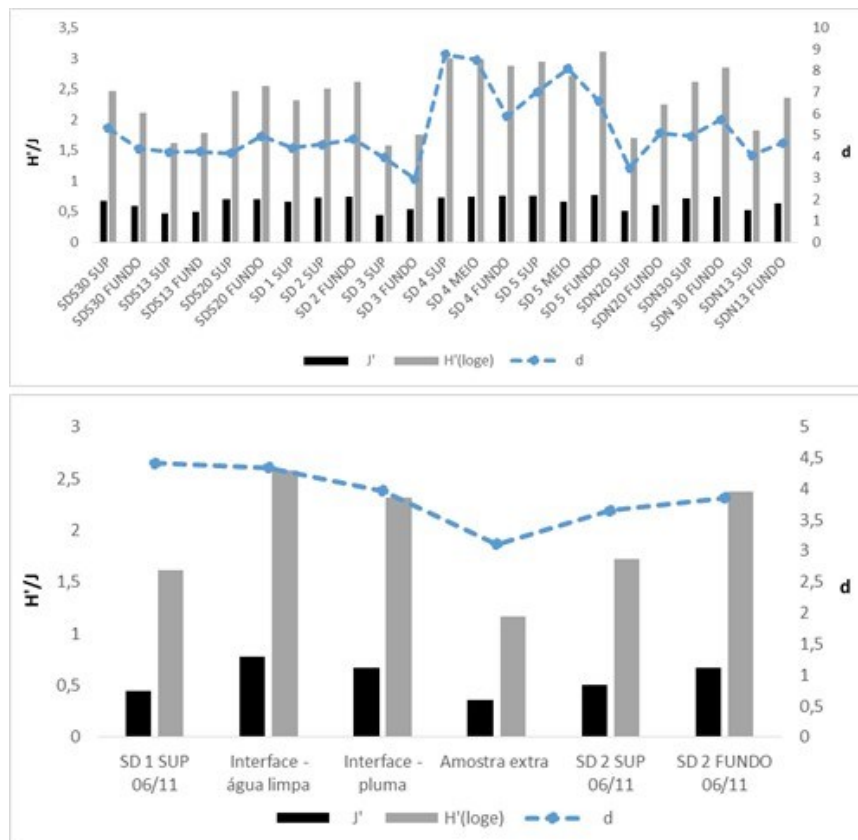
Fonte: Autoria própria.

Figura 14: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor Foz em termos de composição e abundância da comunidade zooplancônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018



Fonte: Autoria própria.

Figura 15: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor Foz, compreendendo a campanha semestral/2018.

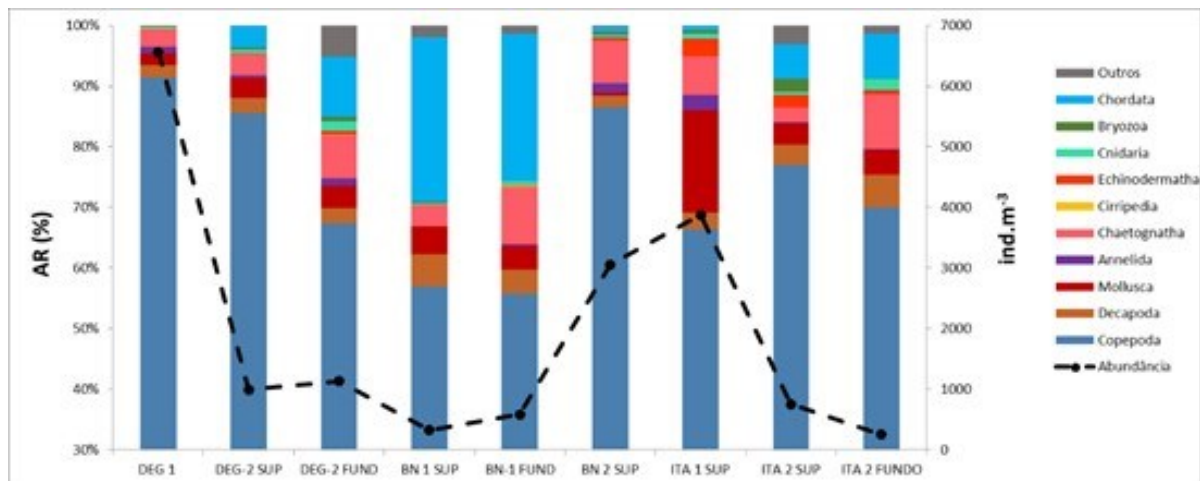


Fonte: Autoria própria.

2.6 REGIÃO NORTE

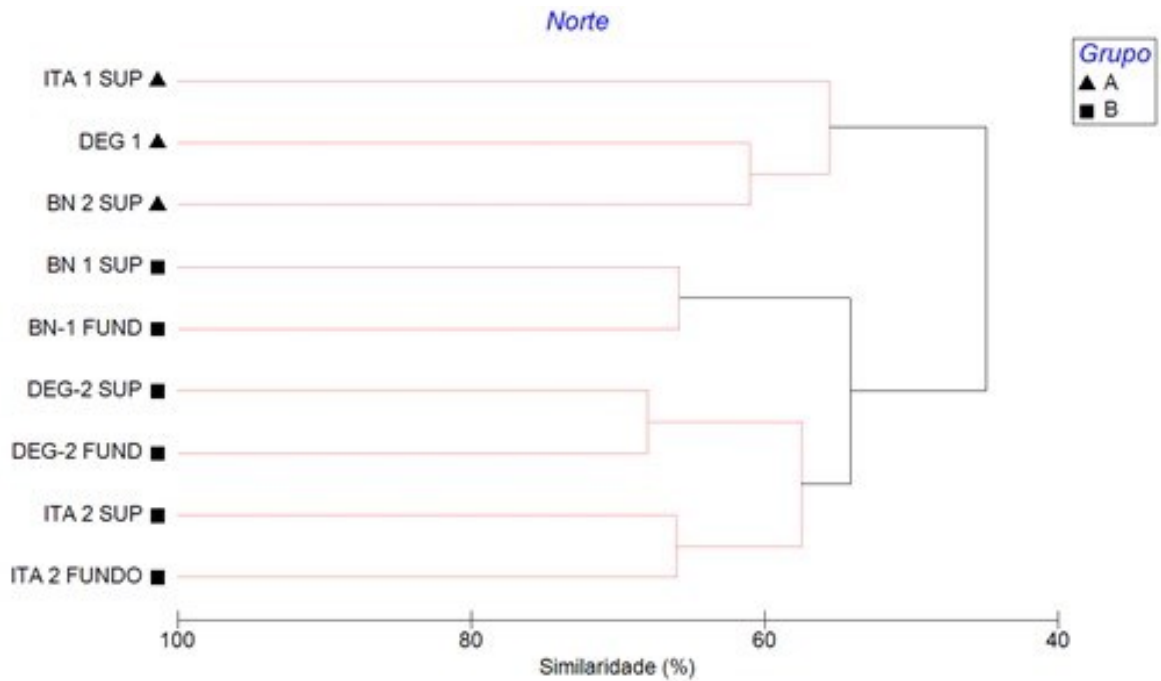
A abundância foi muito baixa ($< 1000 \text{ ind.m}^{-3}$) para a maioria das estações amostrais (Figura 16). O cluster mostrou a formação de um grupo representado por estações mais próximas à costa, com maior contribuição de *T. turbinata* e *Paracalanus* spp. espécies típicas de ambientes costeiros e de hábito generalista, como supracitado no item 2.2 *T. turbinata* é uma espécie invasora que tem substituído a nativa *T. stylifera*, ao longo da costa brasileira (ÁVILA et al., 2009; SILVA et al., 2004). O outro grupo foi formado por estações mais afastadas da costa, dominado por taxa característicos de plataforma continental, como *T. stylifera* e *Salpidae* (Figura 16). Os índices ecológicos, no geral, registraram valores médios (Figura 17), com exceção do ponto DEG 1, o mais próximo à foz do Rio Doce. Nesse ponto, foi registrado um pico de aproximadamente 7 mil ind.m^{-3} e valores dos índices ecológicos muito baixos, com a diversidade chegando a valores menores que 2 bits.ind^{-1} , devido à dominância de Copepoda.

Figura 16: Abundância total (ind. m^{-3}) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral do setor Norte, em cada estrato, compreendendo a campanha semestral/2018.



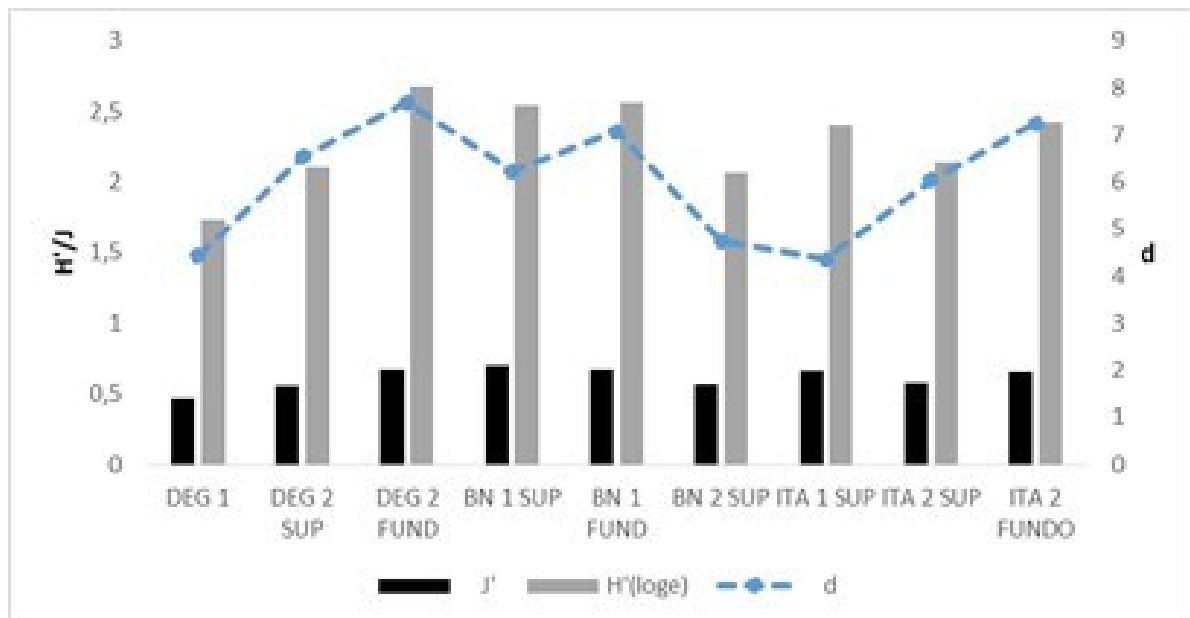
Fonte: Autoria própria.

Figura 17: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor Norte em termos de composição e abundância da comunidade zooplancônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.



Fonte: Autoria própria.

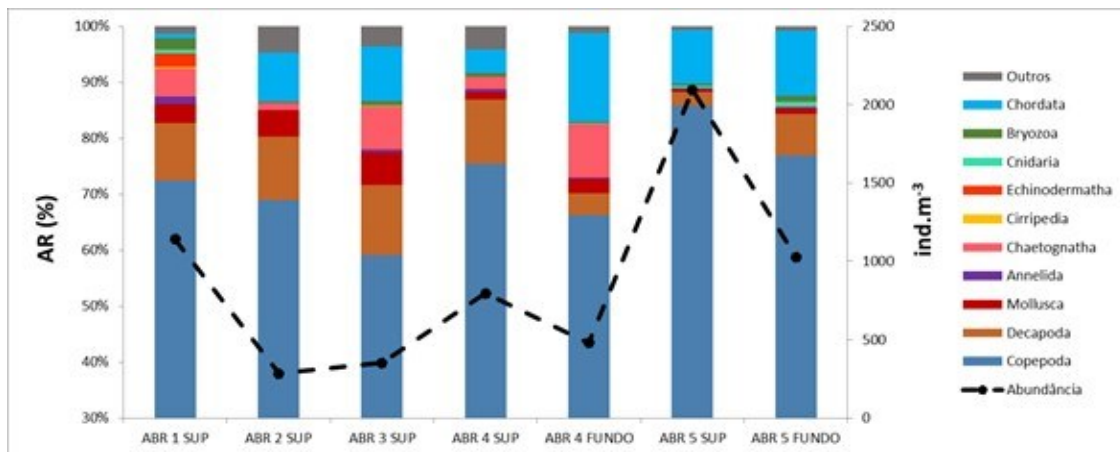
Figura 18: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor Norte, compreendendo a campanha semestral/2018.



2.7 ABROLHOS

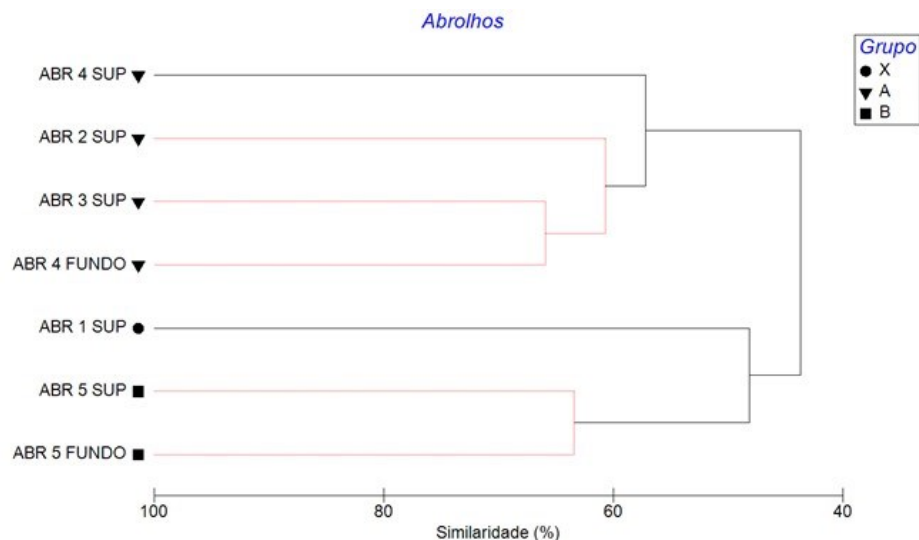
A região de abrolhos registrou abundância muito baixa ($< 2\text{mil ind.m}^{-3}$) (Figura 19). Dentre os grupos formados pelo cluster (Figura 20), a estação ABR5 formou um grupo estatisticamente diferente dos demais e os táxons com maior contribuição foram *Paracalanus* spp., *Salpidae* e *Oitona nana*. ABR1 foi a mais similar a ABR5, sendo que essas duas estações estão localizadas fora da Área de Proteção Ambiental de Abrolhos. O outro grupo, formado pelas estações ABR 2, 3 e 4, representam a área dentro da APA de Abrolhos e apresentaram maiores valores de índices ecológicos (Figura 21) e menor abundância, com maior representatividade de *Paracalanus* spp. e *T. stylifera*. No geral, os índices ecológicos variaram de médio a alto, padrões já descritos pra região (Figueirêdo et al., 2018). O ponto ABR 5 foi uma exceção, onde a diversidade chegou a valores em torno de 1 bits.ind⁻¹ (Figura 21).

Figura 19: Abundância total (ind. m⁻³) e abundância relativa (AR%) dos principais grupos do zooplâncton em cada ponto amostral do setor Norte, em cada estrato, compreendendo a campanha semestral/2018.



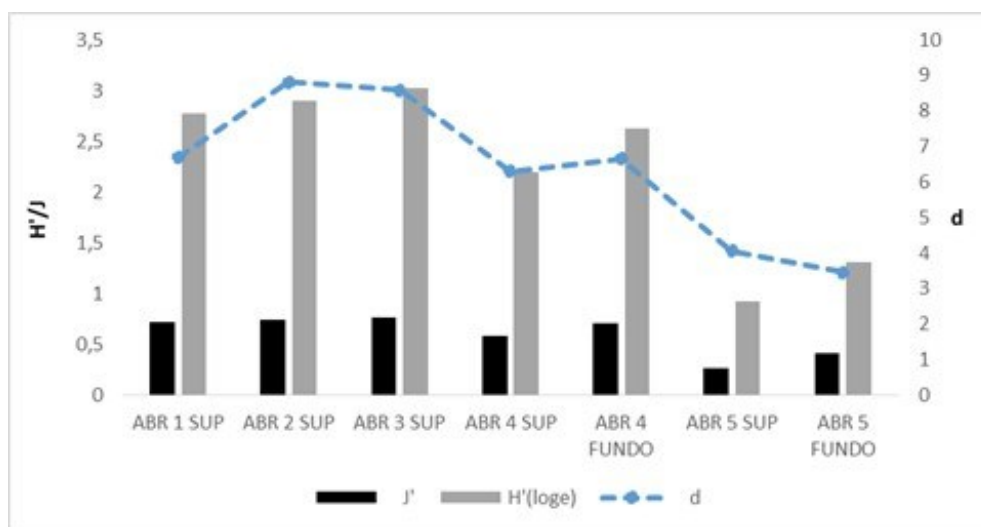
Fonte: Autoria própria.

Figura 20: Dendrograma representando a similaridade das estações/estratos do setor Norte em termos de composição e abundância da comunidade zooplancônica, baseado na similaridade de Bray-Curtis compreendendo a campanha semestral/2018.



Fonte: Autoria própria.

Figura 21: Equitabilidade (J'), Diversidade de Shannon (H') e riqueza de Margalef (d) nos pontos do setor Norte, compreendendo a campanha semestral/2018.



Fonte: Autoria própria.

3 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no primeiro semestre do vigente projeto, pode-se observar que houve mudanças na comunidade zooplanctônica após a chegada da lama de rejeitos de minério na foz do Rio Doce, conforme resultados apresentados neste relatório. Na APA de Abrolhos, não foram observadas mudanças na comunidade zooplanctônica que indique impacto ambiental, quando comparado com estudo realizado em 2012 (Figueirêdo et al., 2018). Porém, visto a gravidade do desastre e a complexidade das interações ecológicas da comunidade zooplanctônica, são necessários estudos de longo prazo, para que assim tenha-se um melhor entendimento dos possíveis impactos crônicos. Na APA Costa das Algas, um ano após a chegada da lama de rejeitos, foi registrada alta abundância de zooplâncton (9000 indivíduos por m^3), com dominância de *Temora turbinata*, espécie invasora da costa brasileira. No atual estudo, a maior abundância registrada para APA foi de 4500 indivíduos por m^3 e *T. turbinata* continua sendo a espécie mais abundante. Como não existem estudos anteriores ao rompimento da barragem de rejeitos de Mariana específicos para a região da APA Costa das Algas, não é possível afirmar se houve uma mudança na comunidade zooplanctônica, sendo necessário também a continuidade do monitoramento nessa região.

A foz do Rio Doce além de ser uma área que recebe diretamente influência do material advindo da lama de rejeitos, caracteriza-se como um ambiente altamente dinâmico, onde processos físicos como ressurgência, fluxo de correntes e aumento da descarga do rio são muito importantes e variáveis numa escala temporal/espacial. Assim, adotando-se o parâmetro quali-quantitativo nas amostragens mensais na área em questão, novas evidências de impacto poderão ser constatadas, a partir do momento que, tal parâmetro dará o suporte necessário para o entendimento da estrutura da comunidade zooplanctônica de forma mais integrada e robusta.

4 REFERÊNCIAS

- ÁVILA, T. R.; PEDROZO, C. S.; BERSANO, J. G. F. Variação temporal do zooplâncton da Praia de Tramandaí, Rio Grande do Sul, com ênfase em Copepoda. *Iheringia, Sér. Zool.* v. 99(1), p. 18-26. 2009.
- BENEDETTI, F.; GASPARINI, S.; AYATA D. Identifying copepod functional groups from species functional traits. *Journal of Plankton Research* 38: 159–166. 2016. doi:10.1093/plankt/fbv096.
- BJÖRNBERG, T. K. S. Revisão da Distribuição dos gêneros *Paracalanus*, *Clausocalanus* e *Ctenocalanus* (Copepoda, Crustacea) ao largo do Brasil. *Boletim Instituto Oceanográfico.* v. 29(2), p. 65-68. 1980.
- BONECKER, S.L.C. Atlas de zooplâncton da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006. 234 p.
- BONECKER, S. L.; ARAUJO, A. V. D.; CARVALHO, P. F. D.; DIAS, C. D. O.; FERNANDES, L. F.; MIGOTTO, A. E., DE OLIVEIRA, O. M. Horizontal and vertical distribution of mesozooplankton species richness and composition down to 2,300 m in the southwest Atlantic Ocean. *Zoologia (Curitiba)*, 31(5), 445-462. 2014.
- BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H. L.; SASSI, R. Planctonologia na plataforma continental do Brasil - Diagnose e revisão bibliográfica, Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva. MMA/CIRM/Femar, 1997. 196 p.
- CHEW, L. L.; CHONG, V. C. Response of marine copepods to a changing tropical environment: winners, losers and implications. *PeerJ*, 4, e2052. 2016.
- DIAS, C. O.; ARAUJO, A. V.; VIANNA, S. C.; FERNANDES, L. L.; PARANHOS, R.; SUZUKI, M. S.; BONECKER, S. L. C. Spatial and temporal changes in biomass, production and assemblage structure of mesozooplanktonic copepods in the tropical south-west Atlantic Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(3), 483-496, 2015.
- DOMINGUEZ, J. M. L. The coastal zone of Brazil: an overview. *Journal of Coastal Research*, 16-20, 2006.
- FANNING, K. A.; CARDER, K. L.; BETZER, P. R. Sediment resuspension by coastal waters: a potential mechanism for nutrient re-cycling on the ocean's margins. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 29(8), 953-965. 1982.
- FROST, B.; FLEMINGER, A. A revision of the genus *Clausocalanus* (Copepoda : Calanoida) with remarks on distributional patterns in diagnostic characters. *Bull Scripps Inst. Oceanogr.* v. 12, p. 1-235, 1968.

HATJE, V.; PEDREIRA, R. M.; DE REZENDE, C. E.; SCHETTINI, C. A. F.; DE SOUZA, G. C.; MARIN, D. C.; HACKSPACHER, P. C. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. *Scientific reports*, 7(1), 10706. 2017.

JANG, M.C.; SHIN, K.; HYUN, B.; LEE, T.; CHOI, K. H. Temperature-Regulated Egg Production Rate, and Seasonal and Interannual Variations in *Paracalanus parvus*. *Journal of Plankton Research*, v. 35(5), p. 1035–45, 2013.

LOUREIRO FERNANDES, L.F.; PEREIRA, J. B. Zooplâncton. In: BASTOS, A.C. et al. Monitoramento da Influência da Pluma do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Rejeitos em Mariana/MG – Novembro de 2015: Processamento, Interpretação e Consolidação de Dados. Vitória: UFES, 2017. 254p. 2017.

MARTINS, A. L. P.; LOPES, M. J. S.; MELO. O Zooplâncton como bioindicador da qualidade ambiental no estuário do rio Anil, São Luís, Maranhão. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 19(1). 2006.

MAZZOCCHI, M. G.; PAFFENHÖFER, G. A. Swimming and Feeding Behaviour of the Planktonic Copepod *Clausocalanus furcatus*. *Journal of Plankton Research*, v. 21(8), p. 1501–1518, 1999.

MELO JÚNIOR, M.; MARCOLIN, C. R.; MIYASHITA, L. K.; LOPES, R. M. Temporal changes in pelagic copepod assemblages off Ubatuba, Brazil. *Marine ecology*, 37(4), 877-890, 2016.

MENEZES, B. S.; MACEDO-SOARES, L. C. P.; FREIRE, A. S. Changes in the plankton community according to oceanographic variability in a shallow subtropical shelf - SW Atlantic. *Hydrobiologia*, 2019. in press. DOI: 10.1007/s10750-019-3936-5

MUXIKA, I.; BORJA, A.; BALD, J. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine pollution bulletin*, 55(1-6), 16-29. (2007)

NIEMISTÖ, J.; KONONETS, M.; EKEROTH, N.; TALLBERG, P.; TENGBERG, A.; HALL, P. O. Benthic fluxes of oxygen and inorganic nutrients in the archipelago of Gulf of Finland, Baltic Sea—Effects of sediment resuspension measured in situ. *Journal of Sea Research*, 135, 95-106, 2018.

PECK, N., PETERS, J., DIEKMANN, R., LAAKMANN, S., & RENZ, J. Interactive effects of temperature and salinity on population dynamics of the calanoid copepod *Acartia tonsa*. *Journal of Plankton Research*, 37(1), 197-210. 2014).

PERUMAL, N. V.; RAJKUMAR, M.; PERUMAL, P.; RAJASEKAR, K. T. Seasonal variations of plankton diversity in the Kaduviyar estuary, Nagapattinam, southeast coast of India. *J. Environ. Biol*, 30(6), 1035-1046. 2009.

PETROBRAS. Relatório Final do Projeto de Caracterização Ambiental Regional da Bacia do Espírito Santo e Parte Norte da Bacia de Campos (PCR-ES/AMBES). Anexo II.2.2-6 – Estrutura da Comunidade Zooplânctônica: Descritores espaciais e temporais. 2015.

QUARESMA, V. D. S.; CATABRIGA, G.; BOURGUIGNON, S. N.; GODINHO, E.; BASTOS, A. C. Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf. *Brazilian Journal of Geology*, 45(4), 635-644, 2015.

SANT'ANNA, E. M. E.; BJÖRNBERG, T. K. S. Seasonal Dynamics of Mesozooplankton in Brazilian Coastal Waters. *Hydrobiologia*, v. 563(1), p. 253–68, 2006.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. *Boll. Syst. Tech. J.*, v. 27, p. 379–423, 1948.

SILVA, A. P.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SCHWAMBORN, R.; GUSMÃO, L. M. O.; SILVA, T. A. Mesozooplankton of na Impacted Bay in North Eastern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. v. 47(3), p. 485-493. 2004.

TURNER, J. T. Pelagic Marine Food Webs. *Zoological Studies*, v. 43(2), p. 255 266, 2004.

WEBBER, M. K.; ROFF, J. C. Annual structure of the copepod community and its associated pelagic enviroment off Discovery Bay, Jamaica. *Marine Biology*, v. 123, p. 467-479, 1995.