

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

RELATÓRIO ANUAL:

Anexo 3 Marinho – Bentos de sedimento inconsolidado

RT-19I RRDM/NOV19

Coordenação Geral

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

Jorge Abdala Dergam dos Santos

Vitória,

Novembro de 2019

COORDENAÇÕES

Anexo 1

Adalto Bianchini (FURG)

Anexo 3

Edmilson Costa Teixeira (UFES)

Fabian Sá (UFES)

Jorge Dergam (UFV)

Subprojetos

Alessandra Delazari Barroso (FAESA)

Alex Cardoso Bastos (UFES)

Ana Cristina Teixeira Bonecker (UFRJ)

Anderson Geyson Alves de Araújo (UFES)

Björn Gücker (UFSJ)

Camilo Dias Júnior (UFES)

Daniel Rigo (UFES)

Eneida Maria Eskinazi Sant'Anna (UFOP)

Gilberto Amado Filho (IPJB) *in memoriam*

Gilberto Fonseca Barroso (UFES)

Iola Gonçalves Boechat (UFSJ)

Leila de Lourdes Longo (UFRB)

Leonardo Tavares Salgado (IPJB)

Luís Fernando Loureiro (UFES)

Marco Aurélio Caiado (UFES)

Renato David Ghisolfi (UFES)

Renato Rodrigues Neto (UFES)

Rodrigo Leão de Moura (UFRJ)

Valéria da Silva Quaresma (UFES)

Valéria de Oliveira Fernandes (UFES)

Vanya Marcia Duarte Pasa (UFMG)

Anexo 4

Jacqueline Albino (UFES)

Subprojetos

Karla Costa (UFES)

Maria Tereza Carneiro (UFES)

Anexo 5

Diolina Moura Silva (UFES)

Mônica Tognella (UFES)

Anexo 6

Agnaldo Silva Martins (UFES)

Subprojetos

Ana Paula Cazerta Farro (UFES)

Leandro Bugoni (FURG)

Sarah Vargas (UFES)

Anexo 7

Maurício Hostim (UFES)

Jorge Dergam (UFV)

Subprojetos

Carlos W. Hackradt (UFSB)

Fabiana Felix Hackradt (UFSB)

Jean-Christophe Joyeux (UFES)

Luis Fernando Duboc (UFV)

Anexo 8

Heitor Evangelista (UERJ)

Coordenação Técnica (CTEC)

Alex Cardoso Bastos

Lara Gabriela Magioni Santos

Laura Silveira Vieira Salles

Tarcila Franco Menandro

Coordenação Escritório de Projetos

Eustáquio Vinicius Ribeiro de Castro

Patrícia Bourguignon Soares

Paulo Roberto Filgueiras

Valdemar Lacerda Junior

Walter Luiz Alda Junior

Coordenação Núcleo de Atuação Integrada em Rede (NAIR)

Edmilson Costa Teixeira

Karla Libardi Gallina

Andressa Christiane Pereira

Anna Paula Lage Ribeiro

Caroline De Marchi Pignaton

Paulo Eduardo Marques

SUMÁRIO

1	METODOLOGIA	13
1.1	MAPA DE AMOSTRAGEM.....	13
2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
2.1	GRANDES GRUPOS TAXONÔMICOS.....	15
2.1.1	Setor Abrolhos – Grandes Grupos	17
2.1.2	Setor Norte - Grandes Grupos	21
2.1.3	Setor Foz – (Foz Norte, Foz Central e Foz Sul) - Grandes Grupos	24
2.1.4	Setor APA/RVS – Grandes Grupos.....	26
2.1.5	Setor Sul – Grandes Grupos	30
2.1.6	Discussão das Análises dos Grandes Grupos.....	34
2.1.7	Grupos Taxonômicos Específicos - Filo Mollusca.....	46
2.1.8	Grupos Taxonômicos Específicos - Subfilo Crustacea.....	66
2.1.9	Grupos Taxonômicos Específicos - Filo Annelida – Classe Polychaeta	94
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	108
4	REFERÊNCIAS	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa amostral das campanhas.	13
Figura 2: Localização das amostras no Setor Abrolhos e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.	19
Figura 3: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor Abrolhos. 3.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e frequência relativa dos grupos nas amostras; 3.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.	20
Figura 4: Localização das amostras no Setor Norte e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.	22
Figura 5: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor Norte. 5.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e e frequência relativa dos grupos nas amostras; 5.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.	23
Figura 6: Localização das amostras no Setor Foz do Rio Doce e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.	25
Figura 7: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor Foz. 7.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e frequência relativa dos grupos nas amostras; 7.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.	27
Figura 8: Localização das amostras no Setor APA/RVS e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.	28
Figura 9: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor APA/RVS. 9.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e frequência relativa dos grupos nas amostras; 9.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.	30
Figura 10: Localização das amostras no Setor Sul e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.	32
Figura 11: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor Sul. 11.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as	

unidades amostrais conforme a composição faunística e frequência relativa dos grupos nas amostras;	
11.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.	
.....	33
Figura 12: Distribuição dos pontos amostrais nas Expedições Vital de Oliveira, Antares, Soloncy Moura e Projeto RRDM.	35
Figura 13: Malha amostral Projeto Mapeamento de Habitats da Plataforma do Espírito Santo – 2015/2016.	36
Figura 14: Frequências de ocorrências de organismos Mapeamento de Habitats (SCRD) e Vital de Oliveira (DB).....	39
Figura 15: Frequências de ocorrências de organismos Mapeamento de Habitats (SCRD) e Antares (ANTD).	40
Figura 16: Frequências de ocorrências de organismos Mapeamento de Habitats (SCRD) e Soloncy Moura (DEG, SD, CA).	42
Figura 17: Frequência relativa e riqueza S dos animais completos das Classes de Mollusca.	47
Figura 18: Frequência relativa das espécies de moluscos completos. Espécies com valores de frequência relativa abaixo de 0,1 ind./ml foram agrupadas como outras espécies.	48
Figura 19: Análise de agrupamento, utilizando os dados de frequência relativa total das Classes de Mollusca (índice de Bray-curtis) (Biv. Bivavia, Gas. Gastropode, Pol.: Polyplacophora, Sca.: Scaphopoda; campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.....	48
Figura 20: Valores médios dos índices ecológicos dos moluscos completos em diferentes profundidades, campanhas 1 e 4.	49
Figura 21: Valores de diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos dos Setores Abrolhos (ABR), Norte, Foz, APA e Sul, compreendendo as campanhas 1 e 4.	49
Figura 22: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor Abrolhos (ABR), referente a campanha 1.	50
Figura 23: Dendrograma da análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Abrolhos (ABR) (campanha 1). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.	50
Figura 24: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor Norte (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).....	51

Figura 25: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos da porção norte (campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).....	51
Figura 26: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor Foz (SDN, SD, SDS), campanha 1.....	52
Figura 27: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos completos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Foz (SDN, SD, SDS), campanha 1. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.....	52
Figura 28: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor APA/RVS (CA) (campanhas 1 e 4).	53
Figura 29: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor APA/RVS (CA) (Campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.	54
Figura 30: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor Sul (campanhas 1 e 4) (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).....	55
Figura 31: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Sul (campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).	55
Figura 32: Comparativo da frequência relativa de moluscos completos e conchas entre os Setores e campanhas (1ªcampanha 1, 4ªcampanha 4). Setores: ABR: Abrolhos, Norte, Foz, APA/RVS, Sul.....	56
Figura 33: Relação entre frequência relativa (FR) de moluscos completos e de conchas.	56
Figura 34: Frequência relativa e riqueza dos táxons de conchas de moluscos identificados até o momento (campanhas 1 e 4).....	57
Figura 35: Frequência relativa das espécies de conchas de moluscos. Espécies com valores de frequência relativa abaixo de 0,6 ind./ml foram agrupadas como outras espécies.	57
Figura 36: Valores médios da diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos dos Setores Abrolhos (ABR), Norte, Foz, APA/RVS e Sul, Campanhas 1 e 4.....	58
Figura 37: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor Abrolhos, campanha 1.	59

Figura 38: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Abrolhos (campanha 1). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupo significantes.	59
Figura 39: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor Norte.	60
Figura 40: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa das conchas de moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Norte (Campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).	60
Figura 41: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor Foz (SDN, SD, SDS), campanha 1.	61
Figura 42: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa das conchas de moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Foz (SDN, SD, SDS), campanha 1. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.	61
Figura 43: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor APA/RVS (CA), campanhas 1 e 4.	62
Figura 44: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa das conchas de moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor APA/RVS (CA) (campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.	62
Figura 45: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor Sul, campanhas 1 e 4 (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).	63
Figura 46: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa das conchas de moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Sul (campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).	63
Figura 47: Comparação entre os valores de riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos monitoramentos anteriores (2015 e 2017) e nas primeira (2018) e quarta campanhas (2019).	64
Figura 48: Frequência relativa dos crustáceos em cada setor amostrado, nas diferentes campanhas (1, 4, 7, 10), durante o período de estudo referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado (S. Abrolhos=Setor Abrolhos; S. Norte=Setor Norte; S. Foz= Setor Foz; S. C. Algas= Setor Costas das Algas; S. Sul= Setor Sul).	67

- Figura 49: Análise de classificação, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, mostrando o agrupamento entre os setores amostrados, durante o período de estudo referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado (S. Abrolhos=Setor Abrolhos; S. Norte=Setor Norte; S. Foz= Setor Foz; S. C. Algas= Setor Costas das Algas; S. Sul= Setor Sul). Linhas pretas indicam agrupamentos significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.67
- Figura 50: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado, obtidos durante o período de estudos (1 - setembro e outubro/2018, 4- Janeiro/2019 e 7- Abril/2019; GUA= Guarapari; VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN;SD;SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas; ABR= Abrolhos).68
- Figura 51: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente a campanha 1 do Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado. (GUA= Guarapari; VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN; SD; SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas; ABR= Abrolhos).69
- Figura 52: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente a campanha 4 do Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado. (GUA= Guarapari; VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN; SD; SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas; ABR= Abrolhos).69
- Figura 53: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente a campanha 7 do Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado. (GUA= Guarapari; VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN; SD; SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas; ABR= Abrolhos).70
- Figura 54: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado, obtidos durante o período de estudos (VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN;SD;SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas).70
- Figura 55: Frequência relativa dos Crustacea amostrados durante o período de estudo referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado.....71
- Figura 56: Dendrograma da análise de classificação referente aos táxons de Crustacea, utilizando o Índice de Similaridade de Bray- Curtis. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.72
- Figura 57: Dendrograma da análise de classificação, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, mostrando a agrupamento entre os táxons de Crustacea, em cada campanha amostrada (1= campanha 1; 4= campanha 4 e 7= campanha 7; The= Thecostraca; Cum= Cumacea; Phy= Phyllocarida; Cop= Copepoda; Isso= Isopoda; Ostr= Ostracoda; Tan= Tanaidacea; Amp= Amphipoda; Dec= Decapoda).

Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.....	73
Figura 58: Dendrograma da análise de classificação entre as estações amostradas no Parque Nacional Marinho de Abrolhos, utilizando o Índice de Similaridade de Bray- Curtis, com base nos dados de frequência relativa dos organismos nas amostras (ABR= Abrolhos). Linhas pretas indicam agrupamentos significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.	74
Figura 59: Frequência relativa dos Crustacea amostrados em Abrolhos durante o período amostrado.	75
Figura 60: Riqueza S e Frequência relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas em Abrolhos (ABR) durante o período estudado.	76
Figura 61: Análise de índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas no setor de Abrolhos (ABR).	77
Figura 62: Dendrograma da análise de classificação entre as estações amostradas no Setor Norte, utilizando o Índice de Similaridade de Bray- Curtis, com base nos dados de frequência relativa dos organismos nas amostras (DEG= Degredos; ITA= Itaunas; BN= Barra Nova). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.	78
Figura 63: Frequência relativa dos Crustacea amostrados no Setor Norte durante o período estudado.	79
Figura 64: Riqueza S e Frequência relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas no Setor Norte, durante o período estudado (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).	80
Figura 65: Análise de índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas no setor Norte (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).	81
Figura 66: Dendrograma da análise de classificação entre as estações amostradas na Foz do Rio Doce, utilizando o Índice de Similaridade de Bray- Curtis, com base nos dados de frequência relativa dos organismos nas amostras. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.....	82
Figura 67: Frequência relativa dos Crustacea amostrados no Setor da Foz do Rio Doce, referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado.....	82
Figura 68: Riqueza S e Frequência relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas na Foz do Rio Doce (SD; SDS; SDN), durante o período estudado.	83

Figura 69: Índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas na Foz do Rio Doce (SD; SDN; SDS) durante o período de estudo.....	84
Figura 70: Dendrograma da análise de classificação, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as estações amostrais no Setor Área de Proteção Ambiental Costa das Algas APA/RVS (CA= Costa das Algas). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.....	85
Figura 71: Frequência relativa dos Crustacea amostrados Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, durante o período amostrado.	86
Figura 72: Riqueza S e Frequência Relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas no Setor APA RVS (CA), durante o período estudado.....	87
Figura 73: Análise de índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas APA/RVS (CA= Costa das Algas).....	88
Figura 74: Dendrograma da análise de classificação, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as estações amostrais no Setor Sul (GUA= Guarapari; VIX= Vitória). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.	89
Figura 75: Frequência relativa dos Crustacea amostrados no Setor Sul durante o período amostrado.	89
Figura 76: Riqueza S e Frequência relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas no Setor Sul, durante o período estudado (GUA = Guarapari; VIX= Vitória).	90
Figura 77: Análise de índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas no setor Sul (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).....	91
Figura 78: Frequência relativa das espécies de poliqueta. Espécies com valores de frequência relativa abaixo de 0,1 % foram agrupadas como Outros.	96
Figura 79: Valores médios dos índices ecológicos (diversidade, frequência relativa e riqueza) dos poliquetas em diferentes profundidades, campanhas 1, 4 e 7.	97
Figura 80: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor Abrolhos (ABR).....	98
Figura 81: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais do Setor Abrolhos (ABR). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.....	98

Figura 82: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor Norte (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).....	99
Figura 83: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais do Setor Norte. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).....	100
Figura 84: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor Foz.....	101
Figura 85: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais da região do Setor Foz. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.....	101
Figura 86: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor APA/RVS (CA).....	102
Figura 87: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais do Setor APA/RVS(CA). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.	103
Figura 88: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor Sul (GUA= Guarapari; VIX= Vitória.....	104
Figura 89: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais do Setor Sul. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).....	104
Figura 90: Comparação da frequência relativa (ind/ml) dos poliquetas dos monitoramentos anteriores (2015 e 2017) e da primeira e quarta campanha (ITA= Itaúnas; BN= Barra Nova; DEG=Degredo; SD, SDS, SDN= Foz; CA= APA/RVS; VIX= Vitória; GUA= Guarapari).....	105
Figura 91: Comparação da riqueza dos poliquetas dos monitoramentos anteriores (2015 e 2017) e das campanhas 1,4 (ITA= Itaúnas; BN= Barra Nova; DEG=Degredo; SD, SDS, SDN= Foz; CA= APA/ RVS; VIX= Vitória; GUA= Guarapari).....	105
Figura 92: Comparação das guildas tróficas dos poliquetas dos monitoramentos anteriores (2015 e 2017) e da campanha 1 no Setor Foz.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação das estações amostrais referente ao Subprojeto, em UTM Sirgas 2000. 14

ANEXO 3 MARINHO – BENTOS DE SEDIMENTO INCONSOLIDADO

1 METODOLOGIA

1.1 MAPA DE AMOSTRAGEM

Figura 1: Mapa amostral das campanhas.

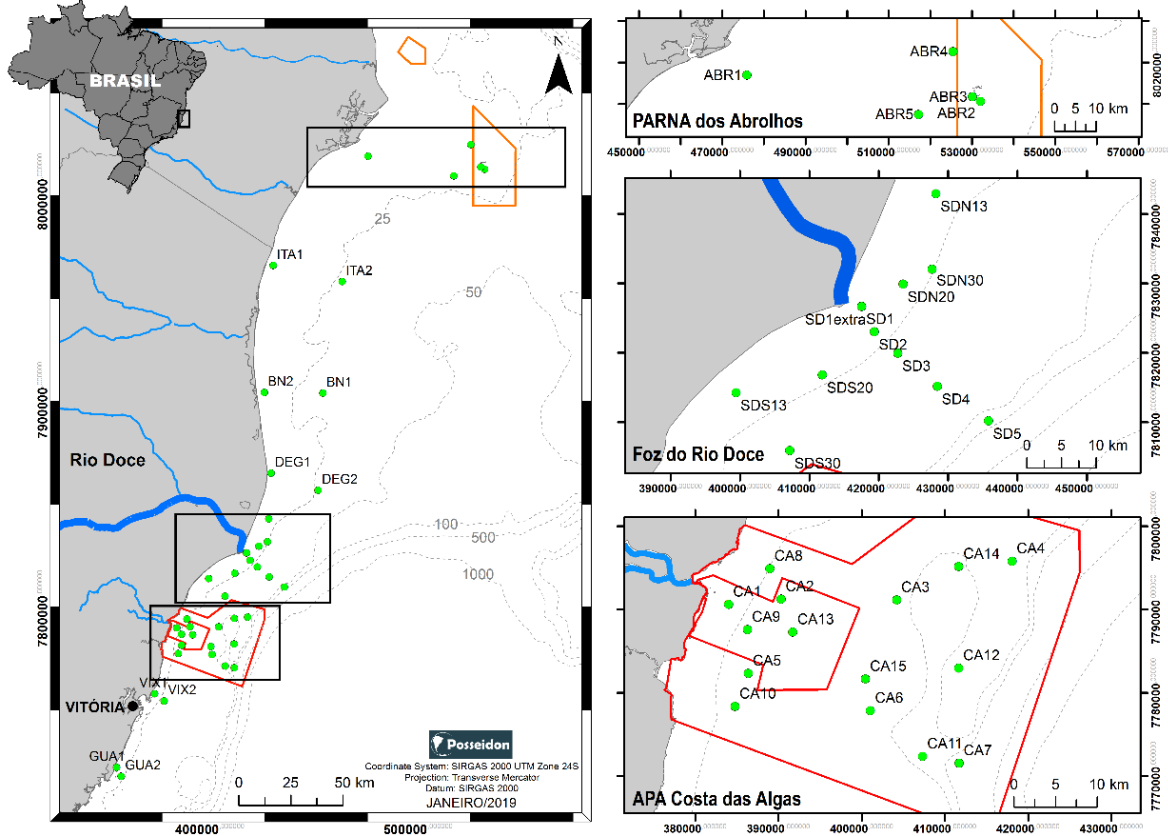


Tabela 1: Relação das estações amostrais referente ao Subprojeto, em UTM Sirgas 2000.

SUBPROJETO	ESTAÇÃO AMOSTRAL	CÓDIGO DA ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE
Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado	Costa das algas	CA1	-19,977583	-40,108306
		CA2	-19,972194	-40,048111
		CA3	-19,973833	-39,915306
		CA4	-19,932611	-39,782583
		CA5	-20,052502	40,086248
		CA6	-20,093839	-39,946339
		CA7	-20,151074	-39,844587
		CA8	-19,939167	-40,060833
		CA9	-20,005000	-40,086944
		CA 10	-20,088222	-40,101883
		CA 11	-20,143600	-39,886600
		CA 12	-20,048200	-39,844700
		CA 13	-20,008200	-40,034900
		CA 14	-19,937900	-39,844400
		CA 15	-20,059200	-39,951800
Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado	Foz do Rio Doce	SDN 13	-19,507056	--39,683611
		SDN 20	-19,624583	-39,729278
		SDN 30	-19,605417	-39,68925
		SD1	-19,653167	-39,786389
		SD2	-19,686389	-39,769056
		SD3	-19,714556	-39,736972
		SD4	-19,757861	-39,682778
		SD5	-19,82333	-39,59333
		SDS 13	-19,764722	-39,959694
		SDS 20	-19,742333	-39,841028
		SDS 30	-19,840528	-39,886139
Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado	Degredo	DEG1	-19,308584	-39,671964
		DEG2	-19,382999	-39,457405
Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado	Barra Nova	BN1	-18,958668	-39,701499
		BN2	-18,961848	-39,434400
	Itaúnas	ITA1	-18,408001	-39,658504
		ITA2	-18,478489	-39,345227
Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado	Abrolhos	ABR1	-17,934861	-39,227222
		ABR2	-17,991722	-38,697111
		ABR3	-17,981722	-38,715083
		ABR4	-17,884139	-38,759722
		ABR5	-18,020278	-38,837722
Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado	Vitória	VIX1	-20,262193	-40,212487
		VIX2	-20,29367	-40,168049
	Guarapari	GUA1	-20,58044	-40,38972

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas quatro campanhas do subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado, sendo a primeira e a terceira semestrais, com 41 unidades amostrais (Figura 1 e Tabela 1- Campanha 1 - setembro e outubro/2018; Campanha 7 - Abril/2019) e a segunda e a quarta trimestrais, com 34 unidades amostrais (Figura 1 e Tabela 1- Campanha 4 - Janeiro/2019; Campanha 10 - Julho/2019). O presente relatório apresenta os resultados de todas as amostras das três primeiras campanhas, além de 15 das 34 amostras coletadas na última (Campanha 10 – julho/2019), que estão em processo de análise. Nas duas primeiras campanhas não houve recuperação de sedimento pelo buscador de fundo apenas para o ponto CA9, devido à constituição do substrato de laterita ou lama fortemente sedimentada, totalizando, desta forma, 129 amostras analisadas. Estes resultados compreendem os dados obtidos pela triagem do material, com a identificação e quantificação dos organismos em categorias taxonômicas mais abrangentes (Filo, Classe, Ordem e/ou Família), análises das estruturas de comunidades em cada unidade amostral (Planilha de Dados Brutos), análise de similaridade entre as unidades amostrais, quanto à composição faunística bentônica e análise da interferência de fatores ambientais, como profundidade, tipo de substrato de fundo quanto à granulometria e composição geoquímica. Os dados de granulometria, composição de matéria orgânica (MO) e carbonato de cálcio (CaCO_3) do substrato foram cedidos pelo grupo responsável pelo estudo de Sedimentologia, sob coordenação da Profa Valéria Quaresma (Tabela Geral).

2.1 GRANDES GRUPOS TAXONÔMICOS

Foram obtidos 163.586 indivíduos, sendo os números por campanha: campanha 1 igual a 56.661; a campanha 4 igual a 41.286; a campanha 7 igual a 58,586 e a campanha 10, com apenas 10 amostras triadas, igual a 7.531 indivíduos triados. Quanto aos táxons foram identificados 16 filos (Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nematoda, Nemertea, Mollusca, Echiura, Sipuncula, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Brachiopoda, Bryozoa, Entoprocta, Hemichordata e Chordata), distribuídos em três subfilos e seis classes. Para os Filos Annelida, Arthropoda (Subfilo Crustacea) e Mollusca obteve-se a identificação em categorias taxonômicas mais basais (ordens, infraordens, família, gênero e/ou espécie) e os resultados serão apresentados nos itens específicos que compõem este relatório. A frequência relativa (número de indivíduos por volume de amostra - FR) foi adotada como medida de abundância, uma vez que a recuperação de sedimento pelo buscador de fundo variou entre as amostras.

Para os valores de Riqueza S foram encontrados, nas amostras da campanha 1, uma variação de 4 (GUA01; SD 01) a 14 (SD 04) grupos taxonômicos; na campanha 4, de 5 (CA 12; CA 14) a 12 (VIX02; SDS 13; SD 05); na campanha 7, de 6 (DEG 01) a 13 (SDN 30; SDS 30; BN 01) táxons e entre as amostras da campanha 10, de 5 (SD 01) a 12 (SDS 30). O Filo Mollusca ocorreu em todas as amostras

analisadas, representado pelas valvas de Bivalvia (frequência relativa entre 0,027 e 23,620); as conchas de Gastropoda (com valores de frequência relativa entre 0,001 e 48,566) só não foram registradas no SD 01 (campanha 4), e as conchas da Classe Scaphopoda (frequência relativa entre 0,001 e 25,68) foram encontradas em 100 das 129 amostras. O segundo grupo taxonômico com registro de ocorrência no maior número de amostras foi o Filo Annelida, representado pela Classe Polychaeta (frequência relativa entre 0,003 e 126,111), ocorrendo em 126 das 129 amostras analisadas (ausentes nos pontos GUA02; CA 01; CA 08 da campanha 1). Todos os dados são apresentados na Tabela Geral.

Os valores de Diversidade de Shannon H estiveram entre 0,33 (VIX01) e 1,96 (SDS 20) na campanha 1, enquanto na campanha 4 foi de 0,99 (ITA 01) a 1,8 (CA 05; CA 08; SDS 13); na campanha 7 variou de 0,47 (SD 01) e 1,94 (ABR 05) e na campanha 10 os valores estiveram entre 0,66 (VIX 01) e 1,92 (SDS 13). Comparando os locais em relação aos maiores valores de Diversidade de Shannon H encontrados, pode se observar que a maioria apresentou um valor acima de 0,8, e que somente dois (VIX 01; ITA 01) da campanha 1, dois (VIX 02; SD 01) da campanha 7 e um (VIX 01) da campanha 10 foram inferiores a esse valor. Esses locais apresentaram maior expressividade nos valores de frequência relativa de concha de Gastropoda (VIX 01;02 e ITA 01) e de Polychaeta (SD 01), refletindo nos valores de Dominância D e, por consequência, nos valores de Equitabilidade J. Todos os dados são apresentados na Tabela Geral.

Vale ressaltar que alguns grupos taxonômicos estabelecidos se referem a vestígios de organismos, como as conchas e esqueletos. Os critérios definidos para se considerar estes vestígios, ainda como parte da biota e não como parte do sedimento biodetrítico, estão baseados no estado de conservação das estruturas, apesar de serem frágeis, uma vez estando completas, sem avarias, refletem a morte do organismo em curto período, antes da amostragem. Da mesma forma, para os esqueletos são considerados aqueles que apresentam restos de tecido e em bom estado de conservação, implicando no fato de que o organismo foi parte da comunidade biótica em tempo recente.

Assim, com o objetivo de comparar a contribuição dos vestígios de animais na estruturação das comunidades estudadas, fez-se uma análise apenas considerando organismos com partes moles. Nesta segunda condição, os valores de Riqueza S variaram de 1 (GUA01) a 10 (SD4) grupos taxonômicos (campanha 1); de 2 (CA 01) a 9 (SD 05), observados na campanha 4; de 2 (DEG 01) a 9 (SDN 30; SDS 30; BN 01) na campanha 7; de 2 (SD 01) a 8 (CA 04; SDS 13) na campanha 10. Entre os organismos com partes moles, a Classe Polychaeta foi o grupo que ocorreu em maior número de amostras, 126 das 129 analisadas, seguido do Subfilo Crustacea, registrado em 115 amostras, e a Classe Bivalvia, em 101 amostras. Na amostra de Guarapari (GUA02) não foi observada presença de indivíduo, enquanto na GUA01 e na CA8, apenas um táxon foi encontrado na campanha 1. Os valores de Diversidade de Shannon H estiveram entre 0,02 (CA 01) e 1,5 (CA 03), para campanha 1, enquanto para campanha 4 foi de 0,29 (CA 01) e 1,67 (SD 03); na campanha 7 variou de 0,27 (SD 04-2) e 1,71 (CA 02) e para a campanha 10 os valores foram de 0,27 (SD 01), com a Dominância de Polychaeta, a 1,31 (CA 04). O menor valor de Diversidade de Shannon H foi registrado na amostra de Costa das

Algas (CA 01), entre as quatro campanhas (variação de 0,02 a 0,29). Entretanto, a região amostral que apresentou os menores valores do Índice de Diversidade foi a Foz do Rio Doce, com valores abaixo de 0,600 em dez das 40 amostras estudadas, por outro lado foi a região que apresentou os maiores valores de Riqueza S, como a SD4 com 10 táxons. Estes resultados evidenciam que os grupos de maior importância, tanto no que se refere a dispersão na área amostral, como a abundância, estão sendo registrados, principalmente, a partir de seus vestígios, conchas e esqueletos, indicando que a maioria destes grupos Mollusca, Cnidaria, Bryozoa, por exemplo, estavam mortos.

2.1.1 Setor Abrolhos – Grandes Grupos

As amostras dentro do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos apresentaram 15 táxons, quatro deles registrados em todas as amostras: concha de Gastropoda, com frequências relativas maiores (6,630) e menores (0,500), observadas nas mesma amostra ABR 04, na campanha 1 e na campanha 7, respectivamente; valva de Bivalvia, com a maior frequência relativa igual a 9,780 (ABR 04, campanha 1) e menor igual 0,550 (ABR 05, campanha 7); Polychaeta, com a maior frequência relativa igual a 1,930 (ABR 02, campanha 7) e menor igual 0,060 (ABR 01, campanha 1); Esqueleto de Bryozoa, com a maior frequência relativa igual a 2,870 (ABR 01, campanha 7) e menor igual 0,020 (ABR 01, campanha 1) (Figura 2).

Na análise de classificação utilizando o Índice de Bray Curtis, as amostras de Abrolhos estiveram distribuídas entre os grupamentos formados pelas amostras ABR 01 e ABR 02, enquanto ABR 03, ABR 04 e ABR 05, estiveram agrupadas, com exceção de ABR 04 da campanha 1, que se diferenciou das demais (Figura 3). Os maiores valores de Riqueza S igual a 12, foram registrados para as amostras ABR 02 e ABR 03, da campanha 7, enquanto o menor, igual a 5, ocorreu na amostra ABR 01, campanha 1. Os valores de Diversidade, de modo geral, foram maiores nas amostras da campanha 7. Assim, os maiores valores de vestígios, conchas de Gastropoda, valva de Bivalvia, concha de Scaphopoda foram registrados na amostra ABR 04 na campanha 1, com redução destes valores de ocorrência na campanha 7 (Figura 2). As amostras ABR 04 foram coletadas em profundidades entre 20m (campanha 1) e 16 m (campanha 7), com substrato caracterizado por maiores teores (acima de 60%) de areia fina e concentrações de CaCO_3 variando de 49,15% a 78,55%, nas campanhas 1 e 7, respectivamente. Os valores de matéria orgânica (MO) estiveram pouco acima de 2% nas duas campanhas. Da mesma forma, ainda que com valores menos expressivos, as amostras ABR 03 e ABR 05 também apresentaram maiores valores para os vestígios conchas de Gastropoda e valva de Bivalvia na campanha 1. As profundidades de coletas nestes pontos amostrais estiveram entre 13m (ABR 03) e 24m (ABR 05) e o sedimento de fundo em ambas foi caracterizado por maiores de teores (acima de 80%) de areia grossa e cascalho. Os valores de CaCO_3 estiveram acima de 95% nas duas amostras e MO em torno de 2%. Para as amostras ABR 01 e ABR 02, os valores de conchas de Gastropoda foram maiores na campanha 7, enquanto para valva de Bivalvia, ABR 02 manteve os valores mais altos na campanha 1 e ABR 01 para a campanha 7. As profundidades das amostras estiveram entre 7m (ABR 01) e 20m (ABR 02). Quanto ao substrato, ABR 01 foi caracterizado por sedimento fino (lama e areia fina acima de 49%), CaCO_3 até 55,33% e MO até 4,34%; ABR 02 os valores de areia grossa foram

acima de 65%, os teores de CaCO_3 acima de 97% e MO pouco acima de 2%. Em todas as amostras da campanha 7 foram registrados aumentos, ainda que pouco expressivos, de Bivalvia vivo, Crustacea, Polychaeta e de vestígios como esqueleto de Bryozoa. Todos os dados estão apresentados na Tabela Geral – Setor Abrolhos. A análise de nMDS, utilizando o Índice de Bray Curtis, mostra a dispersão das amostras, a partir da composição e abundância (frequência relativa), conforme os fatores ambientais que determinam a sua ocorrência (Figura 3).

Figura 2: Localização das amostras no Setor Abrilhos e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.

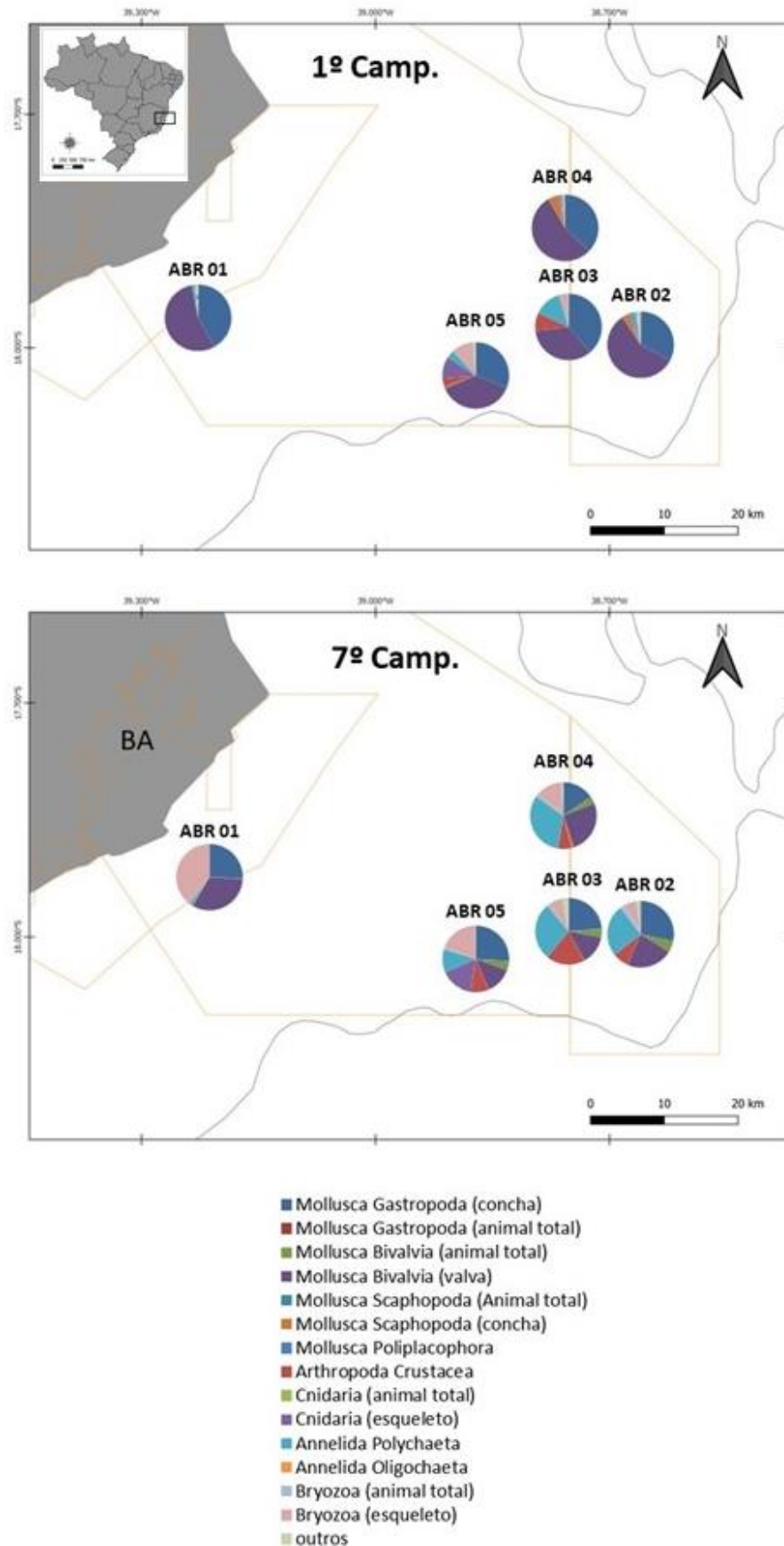
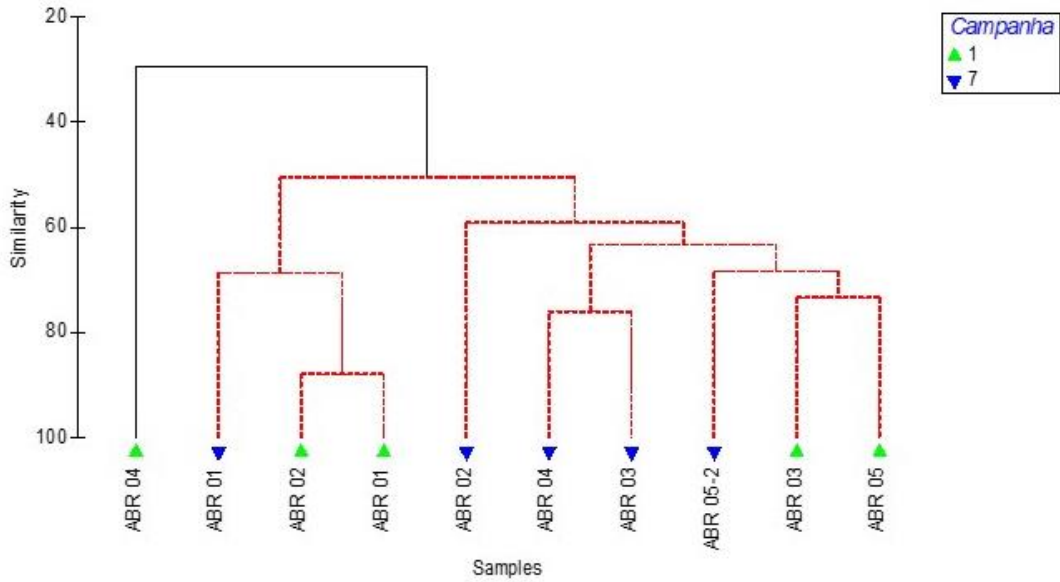
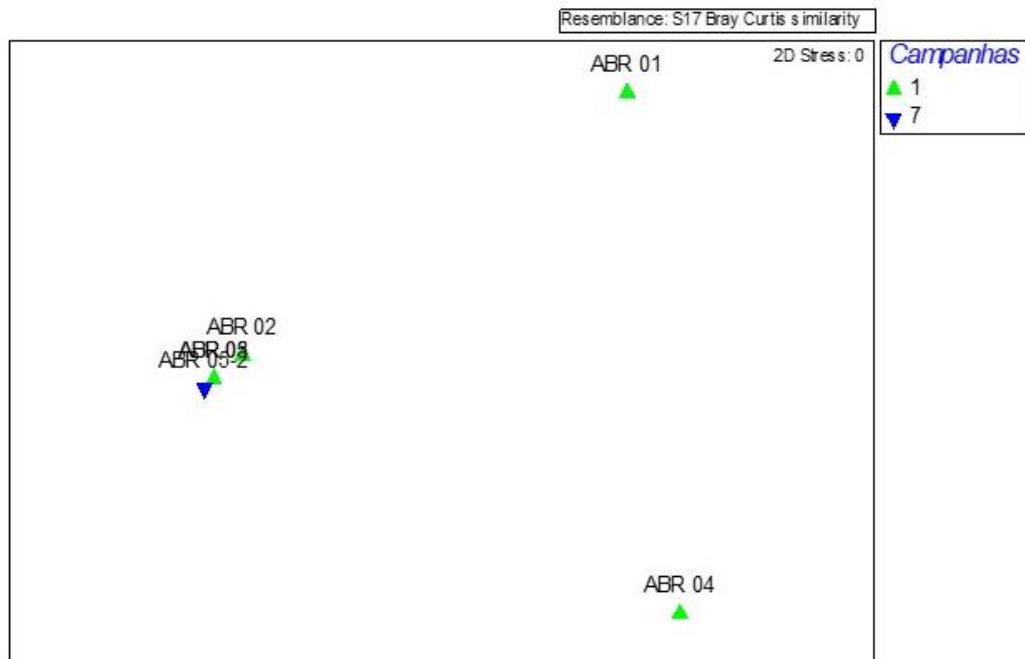


Figura 3: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor Abrolhos. 3.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e frequência relativa dos grupos nas amostras; 3.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.



A



B

2.1.2 Setor Norte - Grandes Grupos

Nas regiões de Degredo, Barra Nova e Itaúnas foram registrados 18 grupos taxonômicos, entretanto, apenas concha de Gastropoda (frequência relativa entre 0,130 – BN 01, campanha 10, e 23,750 – DEG 02, campanha 4), seguido de valva de Bivalvia (frequência relativa entre 0,160 – ITA 01, campanha 1, a 20,550 - DEG 02, campanha 4) e Polychaeta (frequência relativa entre 0,050 – DEG 01, campanha 1, e 4,580 - BN 01, campanha 4), ocorreram em todas as amostras (Figura 4). Os valores de Riqueza S variaram entre 13, registrado em BN 01, campanha 10, e 5 registrado para as amostras DEG 02 e ITA 01, da campanha 1. Entre as campanhas, para as amostras DEG 01, DEG 02, ITA 01, ITA 02 e BN 02, foram registrados aumentos importantes nos valores de frequência relativa dos vestígios concha de Gastropoda, valva de Bivalvia e concha de Scaphopoda na campanha 4, seguido de redução destes valores nas campanhas 7 e 10 (Figura 4). Os valores de ocorrência de Polychaeta nestas amostras aumentaram de forma gradativa e pouco expressiva entre as amostras. Para a amostra BN 01 foram registrados valores pouco importantes para estes vestígios, reduzindo da campanha 1 para a campanha 7, enquanto observou-se um aumento expressivo para Crustacea e Polychaeta na campanha 4, seguido de redução dos valores na campanha 7, com manutenção dos valores na campanha 10 (Figura 4).

A análise de similaridade entre as amostras da porção norte da plataforma continental do Espírito Santo, utilizando o Índice de Bray Curtis (Figura 5.A), resultou em grupamentos separando, de modo geral, as amostras BN 01 e BN 02, ITA 01 e ITA 02, assim como DEG 01 e DEG 02. As amostras de Barra Nova são caracterizadas, a BN 01, por um substrato de areia fina e lama, enquanto em BN 02, o fundo é composto por areia grossa e cascalho. Entretanto, os valores de CaCO₃ são acima de 80% nas amostras de BN 01, com valores pouco expressivos de MO. Desta forma, a fauna que compõe as comunidades observadas nestas amostras variou, conforme o substrato. As amostras de Degredo e Itaúnas apresentam substrato de areia fina e lama. A interferência destes fatores abióticos na dispersão dos organismos é apresentada na análise de nMDS, utilizando o Índice de Bray Curtis (Figura 5.B).

Figura 4: Localização das amostras no Setor Norte e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.

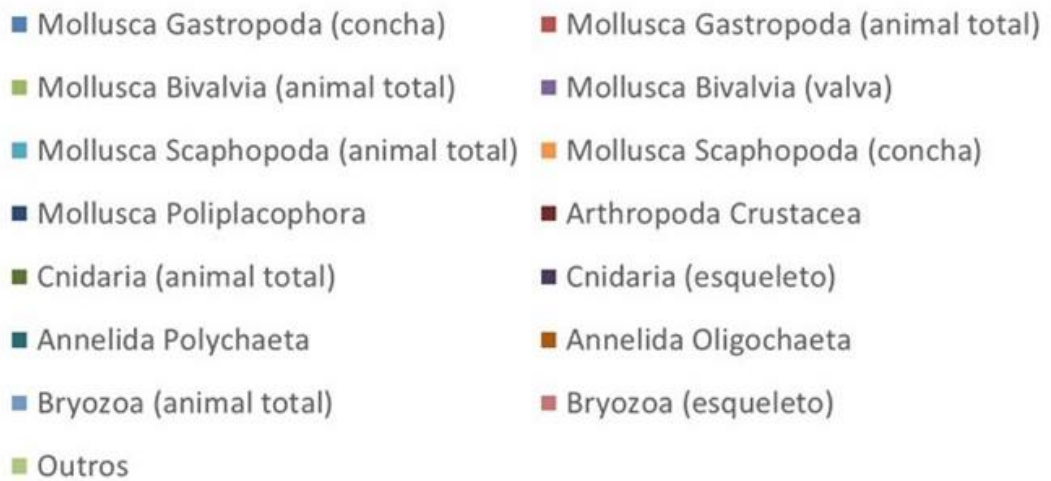
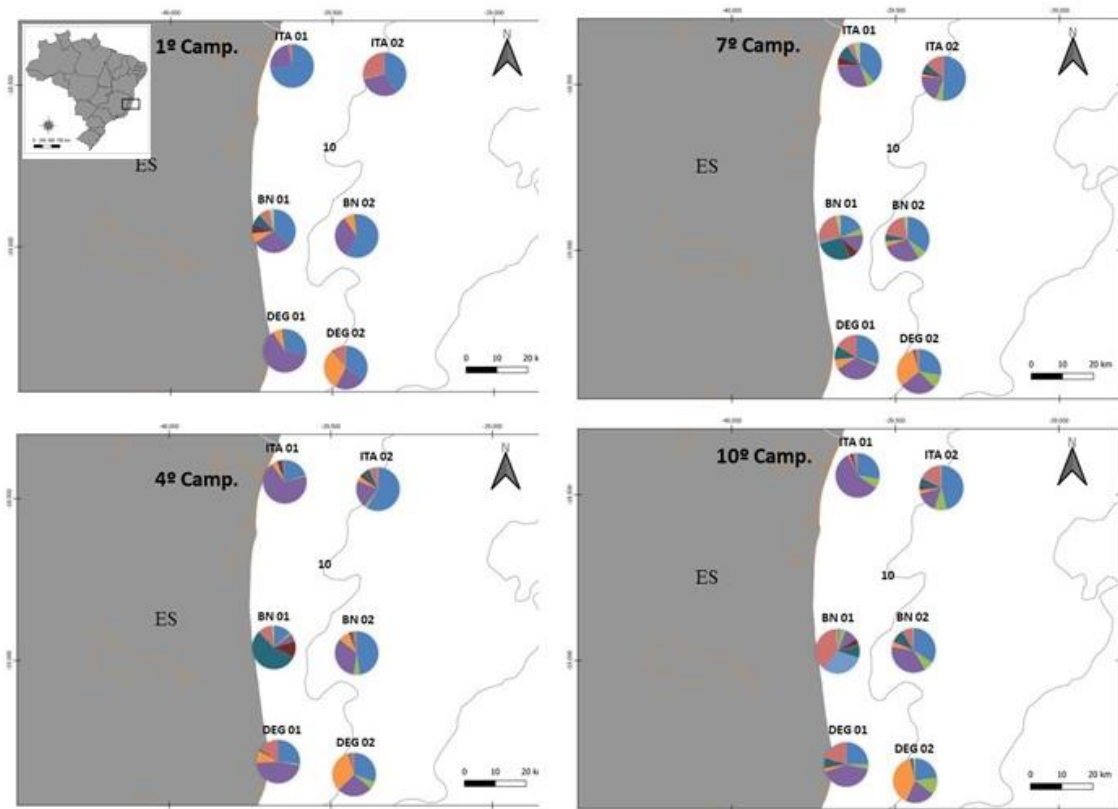
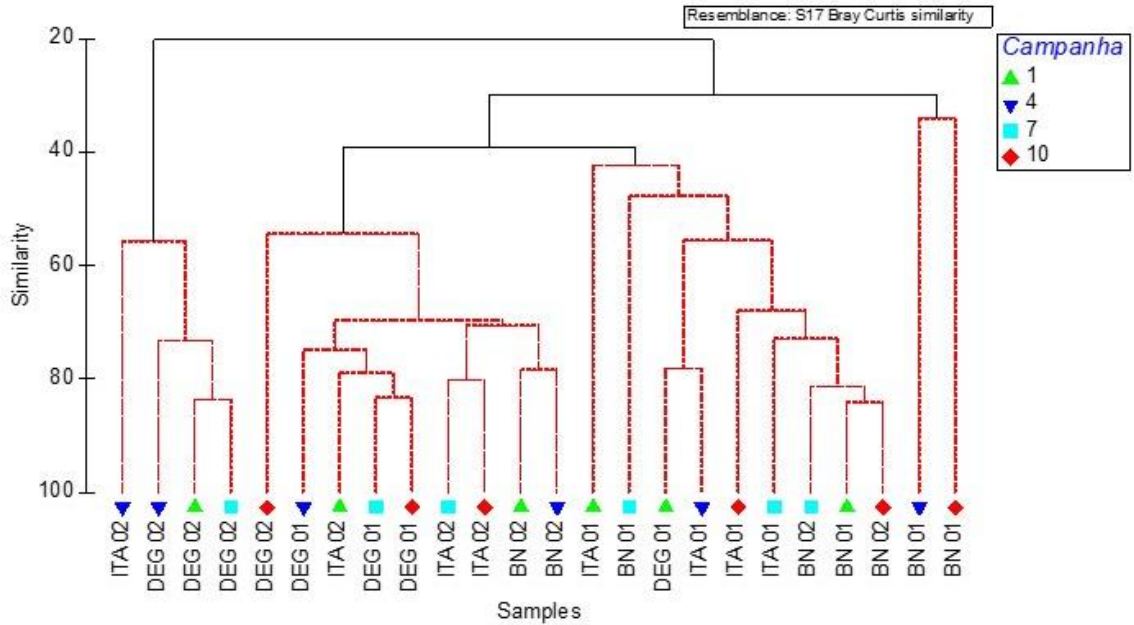
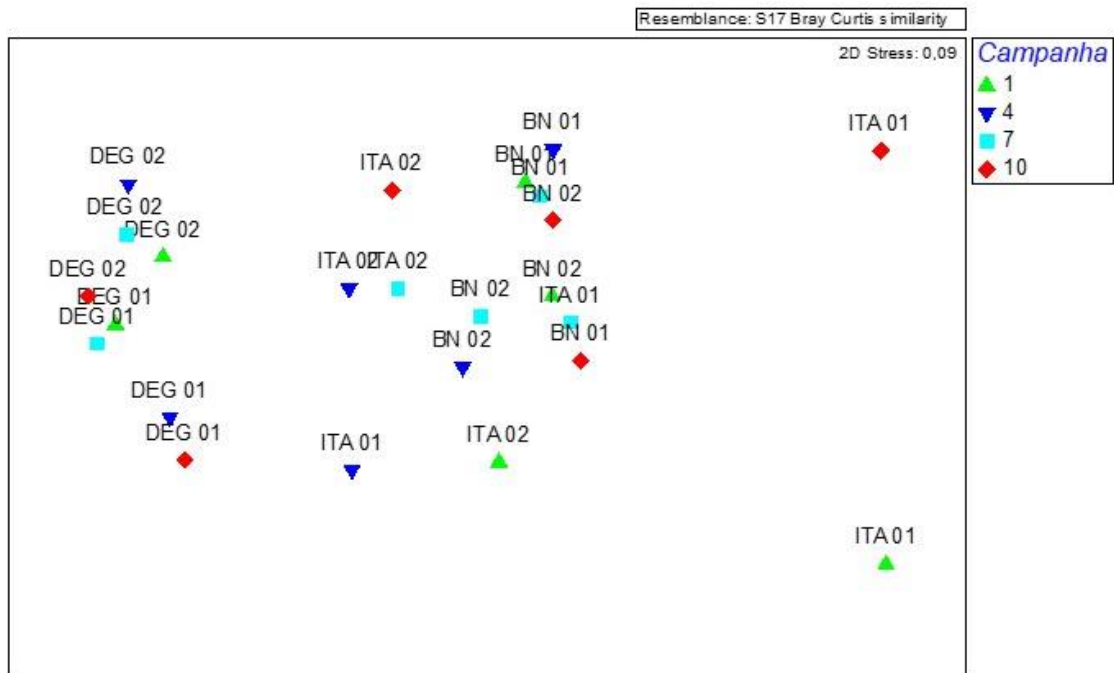


Figura 5: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor Norte. 5.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e e frequência relativa dos grupos nas amostras; 5.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.



A



B

2.1.3 Setor Foz – (Foz Norte, Foz Central e Foz Sul) - Grandes Grupos

Na região da Foz do Rio Doce foram registrados 20 grupos taxonômicos em 40 amostras analisadas (planilha de dados brutos), entretanto apenas dois deles ocorreram em todas as amostras: valva de Bivalvia (FR entre 0,038 – SDS 20, campanha 4 - e 23,620 – SD 05, campanha 1) e Polychaeta (FR entre 0,010 – SDS 30, campanha 1- e 126,111 – SD 01, campanha 7). Apenas na amostra SD 01 da campanha 4 não foi registrado concha de Gastropoda (frequência relativa variou entre 0,147- SDS 13, campanha 7 - e 13,000 – SD 04, campanha 4) (Tabela Geral – Setor Foz; Figura 6).

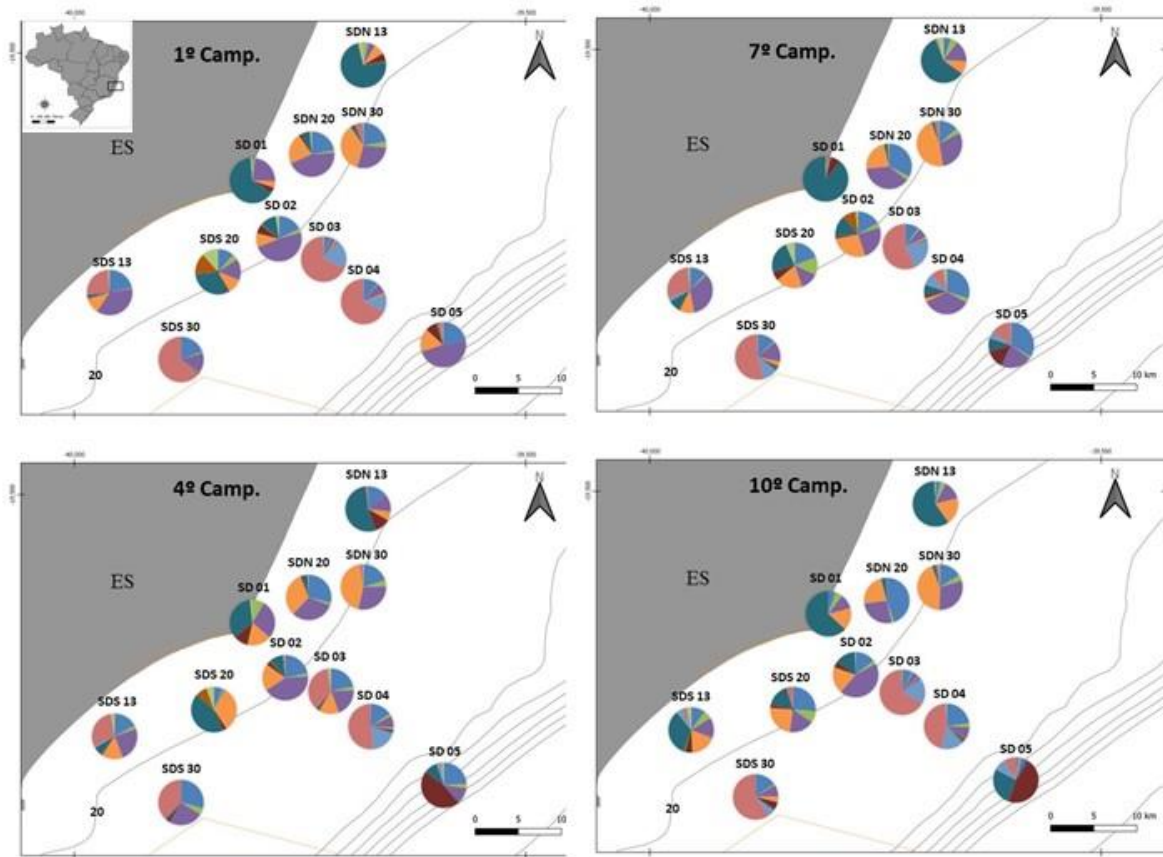
As amostras da porção norte da Foz do Rio Doce SDN 13, SDN 20 e SDN 30, apresentaram 17 dos 20 grupos registrados para toda a região (FIG. 5 A e B). Entre eles, quatro grupos ocorreram em todas as amostras de todas as campanhas: concha de Gastropoda; valva de Bivalvia; concha de Scaphopoda e Polychaeta. Os grupos mais expressivos, com maiores valores de frequência de relativa foram valva de Bivalvia (FR igual a 16,640 – SDN 20, campanha 1); Polychaeta (FR igual a 10,200 – SDN 13, campanha 1), seguidos por concha de Gastropoda (FR igual a 8,814 – SDN 20, campanha 4) e concha de Scaphopoda (FR igual a 9,860 - SDN 20, campanha 4). Os maiores valores de Riqueza S ocorreram em SDN 20, campanha 1 e SDN 30, campanha 7, igual a treze (Figura 6).

Na porção sul da Foz do Rio Doce, as amostras SDS 13, SDS 20 e SDS 30 apresentaram 20 grupos taxonômicos (planilha de dados brutos), cinco deles compartilhados por todas as amostras: Polychaeta, valva de Bivalvia; concha de Gastropoda; Bivalvia (animal total) e Crustacea. A amostra SDS 30, campanha 4 foi a única onde não foi registrada a ocorrência de concha de Scaphopoda. A amostra SDS 30, campanha 7, apresentou o maior valor de Riqueza, igual a 13 (planilha de dados brutos e Tabela 1). Os grupos mais expressivos, com maiores valores de frequência de relativa foram concha de Gastropoda (FR igual a 3,050 – SDS 30, campanha 7), Polychaeta (FR igual a 2,800 – SDS 20, campanha 1); valva de Bivalvia (FR igual a 2,773 – SDS 30, campanha 7); Crustacea (FR igual a 1,600 – SDS 30, campanha 4) e Bivalvia com partes moles (FR igual a 0,600 – SDS 20, campanha 7) (Figura 6).

As amostras nesta porção sul, em profundidade entre 17 e 18m (SDS 13), apresentaram teores de sedimento fino, entre areia e lama. Em profundidades maiores até cerca de 30 m, o substrato apresenta maiores teores de areia média a grossa e cascalho.

As amostras da porção central da Foz do Rio Doce apresentaram 18 dos 20 grupos taxonômicos, dos quais 2 foram registrados em todas as amostras: Polychaeta (FR entre 0,043 e 126,110, SD 03 e SD 01, campanha 7, respectivamente), valva de Bivalvia (FR entre 0,337 – SD 03, campanha 7 - e 23,620 – SD 05, campanha 1) (Figura 6). O maior valor de Riqueza S foi igual a 14, observado SD 04, campanha 1, assim como o menor valor, igual 4, foi registrado na SD 01, primeira campanha, com o domínio de Polychaeta nesta amostra.

Figura 6: Localização das amostras no Setor Foz do Rio Doce e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.



- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ■ Mollusca Gastropoda (concha) | ■ Mollusca Gastropoda (animal total) |
| ■ Mollusca Bivalvia (animal total) | ■ Mollusca Bivalvia (valva) |
| ■ Mollusca Scaphopoda (animal total) | ■ Mollusca Scaphopoda (concha) |
| ■ Mollusca Poliplacophora | ■ Arthropoda Crustacea |
| ■ Cnidaria (animal total) | ■ Cnidaria (esqueleto) |
| ■ Annelida Polychaeta | ■ Annelida Oligochaeta |
| ■ Bryozoa (animal total) | ■ Bryozoa (esqueleto) |
| ■ Outros | |

A amostra SD 01 tem substrato composto por areia fina e lama, com profundidade de cerca de 10 m, assim como a amostra SD 02, a cerca de 20 m, que se agruparam com as amostras da porção norte, com substrato semelhante. Os registros que mais chamaram a atenção na Foz do Rio Doce foram os altos valores de Polychaeta observados na amostra SD 01 na campanha 1, seguido de redução na

campanha 4 e aumento expressivo na campanha 7, que também foram registrados na amostra SDN 13, ainda que em proporções de valores menores. A partir de 30m, as amostras SD 03, SD 04 e SD 05, apresentam fundo com teores de areia média a grossa, além de cascalho. Estas características de fundo são semelhantes às amostras da porção sul SDS 30 e SDS 20, por exemplo.

A análise de similaridade, utilizando o Índice de Bray Curtis (Figura 7.A), entre as amostras da direção da desembocadura do Rio Doce mostrou uma peculiaridade na amostra SD 01, nas campanhas 1 e 4, que estão agrupadas, onde se registrou uma abundância expressiva de Polychaeta. As amostras da desembocadura com menores profundidades (SD 02), forma um grupamento com as amostras da porção norte da desembocadura e, conforme se distanciam da costa, aumentando a profundidade, as amostras da desembocadura (SD 03, SD 04 e SD 05) se agrupam com aquelas da porção sul. A análise de nMDS (Figura 7.B) mostrou esta estruturação da distribuição dos organismos, respondendo ao tipo de substrato, profundidade, teores de matéria orgânica e carbonato de cálcio.

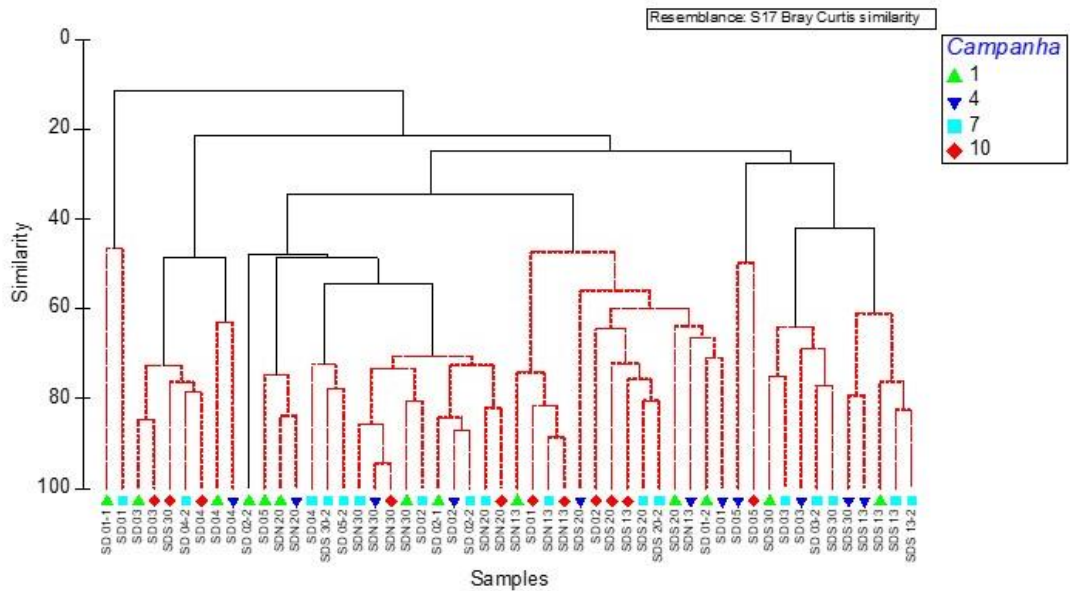
2.1.4 Setor APA/RVS – Grandes Grupos

Nas amostras da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas foram identificados 23 grupos taxonômicos em 51 amostras analisadas (Figura 8). Destes, três grupos ocorreram em todas as amostras, variando a sua frequência de ocorrência: valva de Bivalvia (FR variou entre 0,027 – campanha 1 - e 9,670 – campanha 10); seguidos por concha de Gastropoda (FR variou entre 0,001 - campanha 1 - e 11,890 – campanha 10); Bivalvia (animal com parte mole – FR variando de 0,010 Campanhas 1 e 4 - a 0,830 – campanha 10). A Classe Polychaeta, com FR variando de 0,001 - na campanha 1 - a 1,450 - na campanha 10, ocorreu em 49 amostras, estando ausentes apenas em duas amostras da campanha 1 (CA 01 e CA 08). O Subfilo Crustacea, com FR variando de 0,003 na campanha 7 a 1,875 na campanha 10, ocorreu em 47 amostras, estando ausentes nas amostras CA 01 das três primeiras campanhas e na CA 08 da campanha 1. A Classe Polyplacophora e o Filo Platyhelminthes foram registrados em apenas 1 amostra CA 04 da campanha 10, assim como Cephalochordata foi registrado apenas na amostra CA 10 da primeira campanha. Os demais grupos apresentaram ocorrências mais esporádicas entre as amostras analisadas. Os maiores valores de ocorrência foram registrados na campanha 10, especialmente para os vestígios concha de Gastropoda, valva de Bivalvia e esqueleto de Bryozoa para as amostras CA 03 e CA 06, enquanto para Crustacea e Polychaeta os maiores valores ocorreram na amostra CA 10 (FR = 1,875 e 1,45, respectivamente).

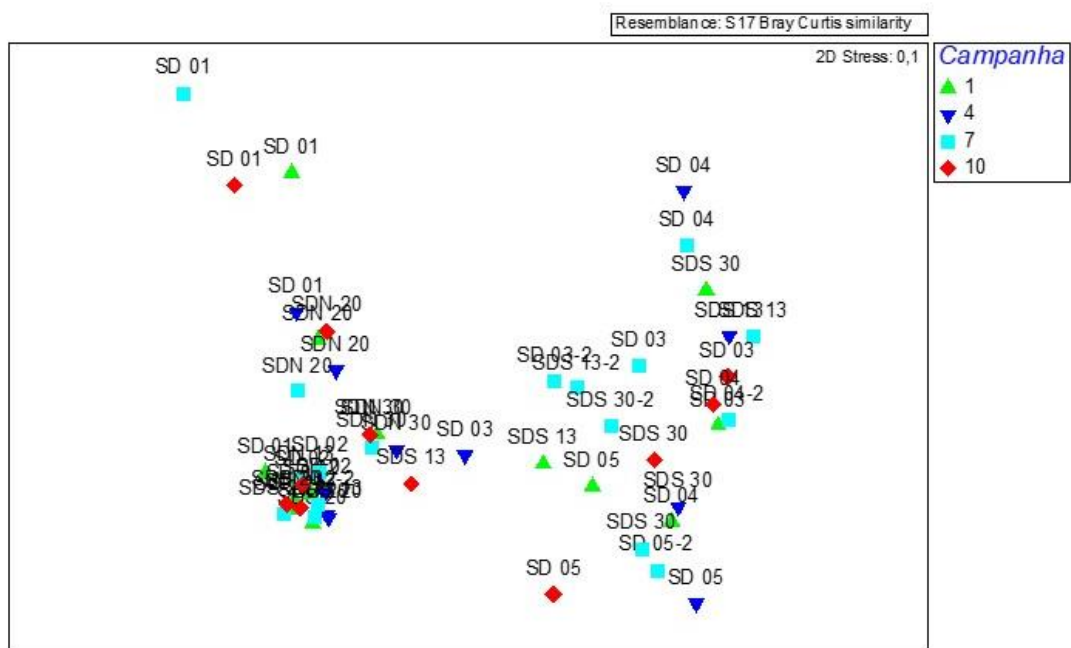
Os valores de Riqueza S variaram entre 5 (CA 08 e CA 12 campanha 1; CA 12 e CA 1 campanha 4) e 11 (CA 03 campanha 1; CA 01 e CA 02 campanha 7; CA 04 campanha 10). De modo geral, os maiores valores de Riqueza ocorreram nas campanhas 7 e 10. Da mesma forma, os valores de Diversidade são maiores para as campanhas 7 e 10, (1,934 para CA 05 da campanha 7), com o menor valor registrado igual a 0,189, na CA 08 da campanha 4. Os menores valores de Diversidade estiveram relacionados aos valores mais altos de frequência relativa de valva de Bivalvia, concha de Gastropoda e Bivalvia com partes moles, distribuídos de forma mais homogênea nas duas primeiras campanhas.

Nas campanhas 7 e 10 valores mais altos destes táxons estão mais concentrados em determinadas amostras.

Figura 7: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor Foz. 7.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e frequência relativa dos grupos nas amostras; 7.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.



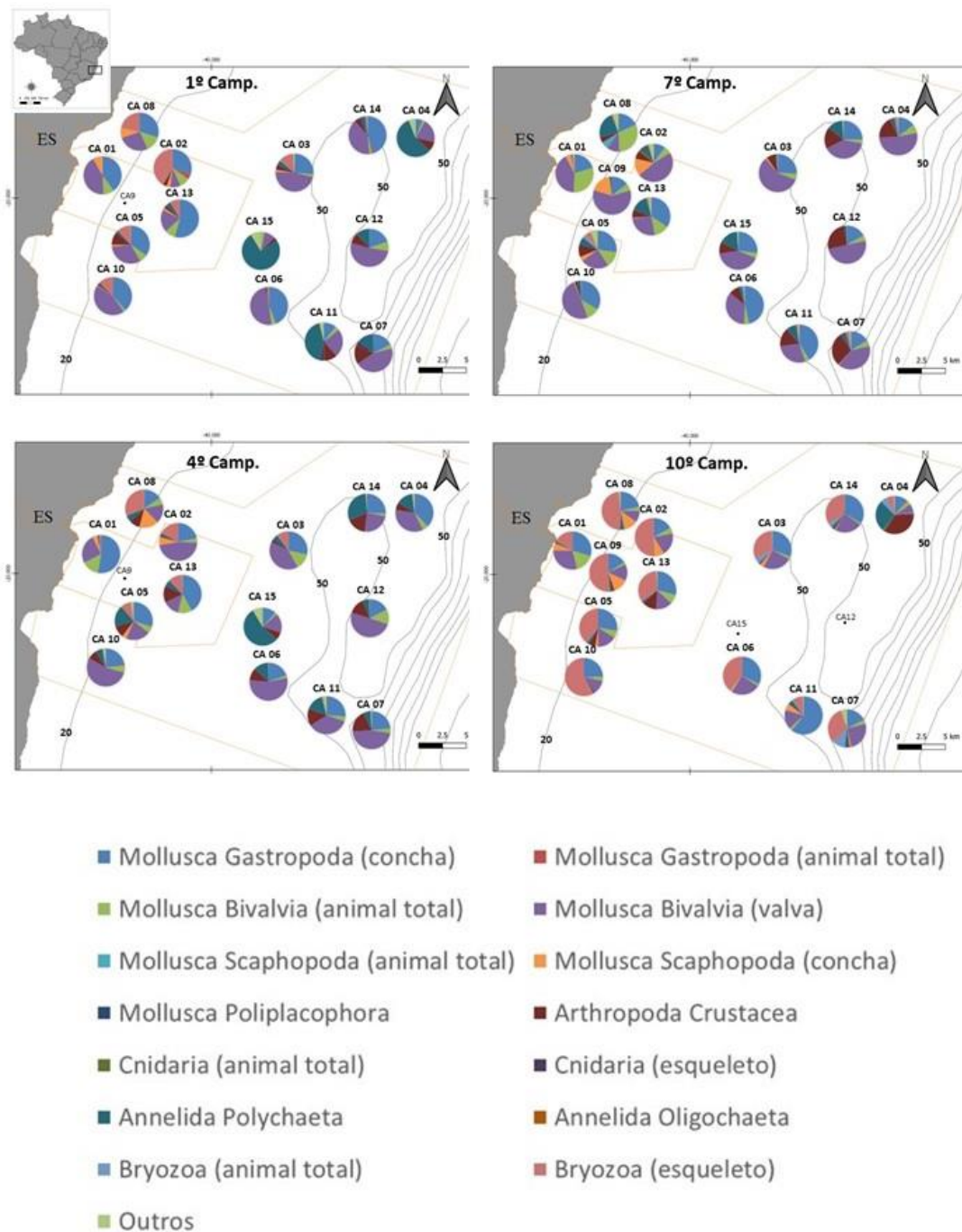
A



B

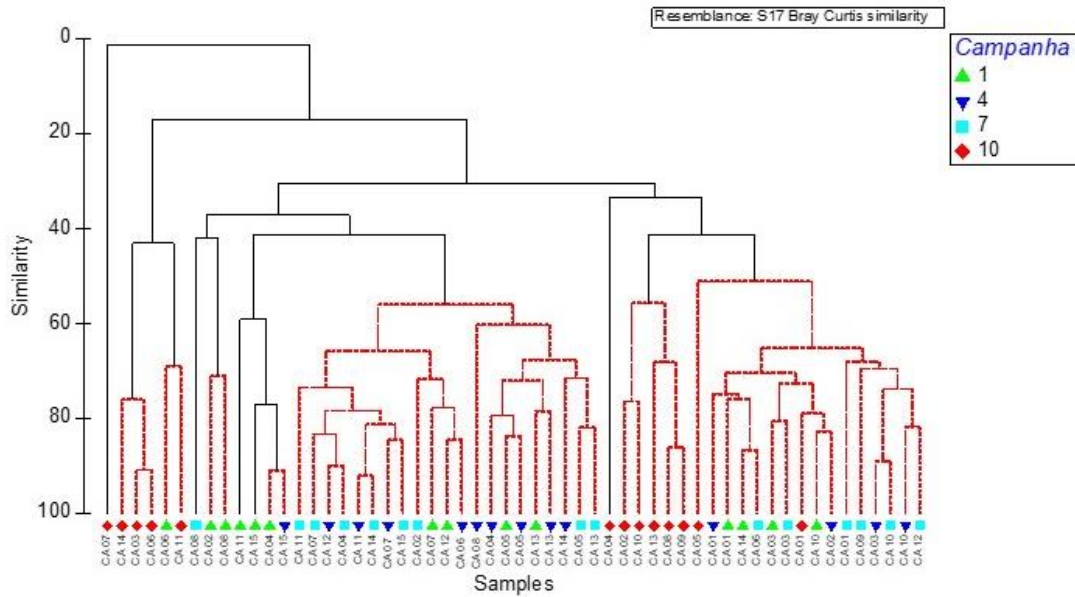
A análise de similaridade entre as amostras da APA/RVS, utilizando o Índice de Bray Curtis (Figura 9.A), mostrou uma separação em dois grandes grupos de amostras, onde se observa uma tendência de agrupamento das amostras por localidade ao longo das campanhas, refletindo composição faunística e valores de frequências de ocorrências semelhantes entre os grupos com formados com maiores valores de similaridade (acima de 65%). Esta análise sugere ainda uma interferência da profundidade das amostras nestes agrupamentos.

Figura 8: Localização das amostras no Setor APA/RVS e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.

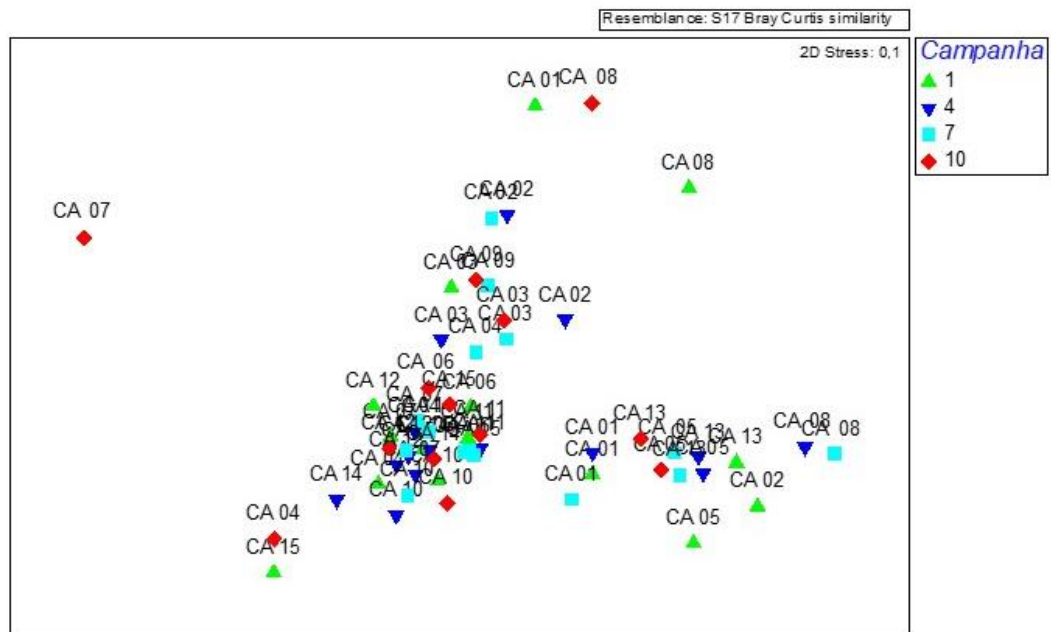


Estas amostras apresentam substrato principalmente arenoso, com os maiores teores de areia média a grossa e cascalho, com valores em torno de 90% de CaCO₃, na maioria das suas amostras. A análise de nMDS, utilizando o índice de Bray de Curtis (Figura 9.B), evidenciou a interferência do tipo de substrato e profundidade na ocorrência dos organismos, esclarecendo que a separação das amostras em dois grupos principais, observada na análise de classificação, está relacionada ao sedimento de fundo mais cascalhoso e grãos mais grossos, daqueles de areias mais finas e lama.

Figura 9: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor APA/RVS. 9.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e frequência relativa dos grupos nas amostras; 9.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.



A



B

2.1.5 Setor Sul – Grandes Grupos

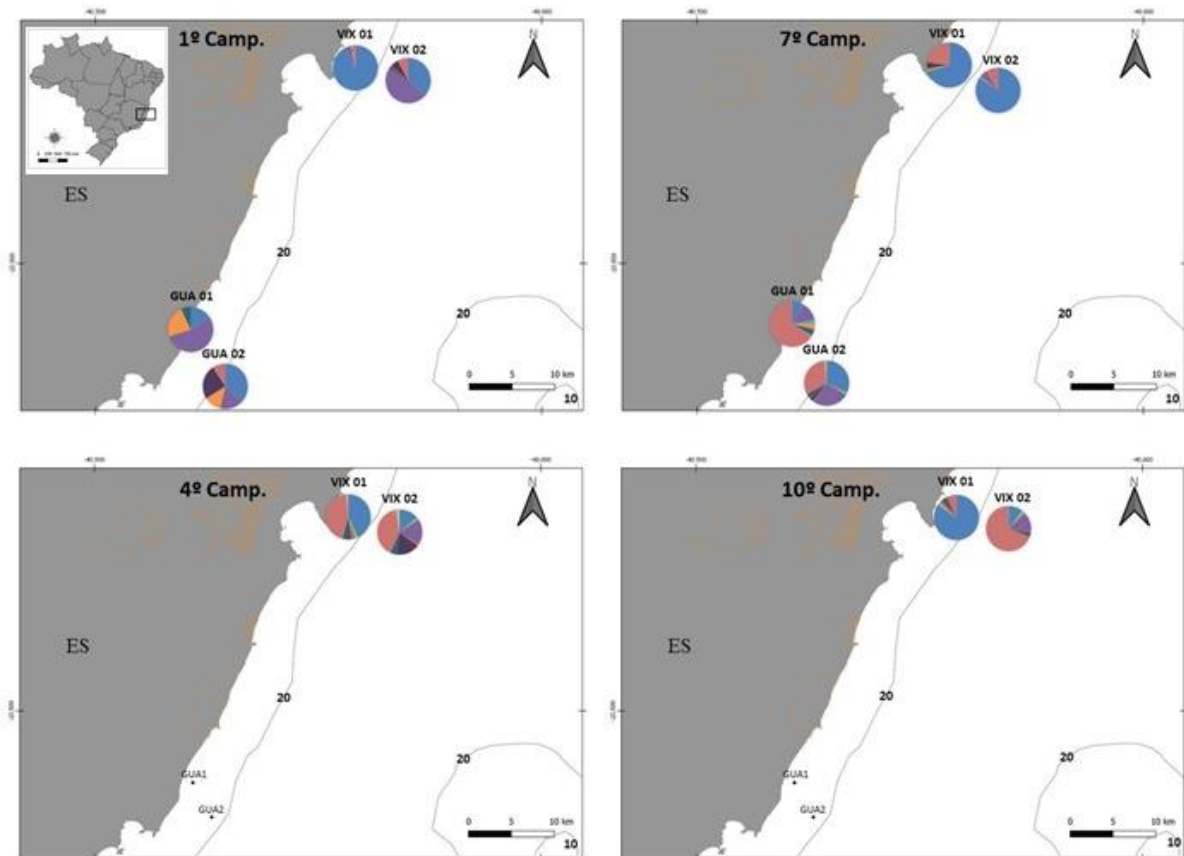
Para a porção sul da plataforma continental do Espírito Santo, incluindo as amostras da Baía de Vitória (VIX1 e VIX2) e de Guarapari (GUA 1 e GUA2), ao longo do período amostral foram registrados treze

grupos taxonômicos, sendo apenas dois com ocorrência nas duas áreas, em todas as amostras: concha de Gastropoda (FR variou entre 0,240 e 48,566), valva de Bivalvia (FR variou entre 0,040 e 2,636). Os grupos Polychaeta e esqueleto de Bryozoa estiveram ausentes em apenas uma amostra na primeira campanha, na localidade de GUA02 e GUA01, respectivamente (Figura 9). Os maiores valores de frequência de ocorrência foram registrados para concha de Gastropoda (FR igual a 48,566) e valva de Bivalvia (FR igual a 2,636) na amostra VIX02, na campanha 7 (Figura 9).

A análise de similaridade entre as amostras, utilizando o Índice de Bray Curtis (Figura 10.A), ao longo do período de amostragem, quanto à composição e frequência relativa dos táxons, evidenciou as peculiaridades das amostras GUA 02, na primeira campanha, assim como da amostra VIX 02, na campanha 07, isoladas das demais. A amostra de GUA 02 apresentou na primeira campanha apenas vestígios de animais, como concha de Gastropoda e valva de Bivalvia. A amostra VIX 02, na campanha 7, apresentou os valores mais discrepantes de frequência relativa de concha de Gastropoda, da ordem de 48,566, seguido do maior valor igual a 3,800, registrado na amostra VIX 01 da primeira campanha. Os maiores valores de frequência de ocorrência para valva de Bivalvia, Bivalvia com partes moles e Crustacea na porção sul da plataforma continental do Espírito Santo também foram registrados nesta amostra, nesta campanha, porém, com valores menos expressivos. A amostra GUA 01, da primeira campanha, também apresentou vestígios de Mollusca (conchas de Gastropoda, Bivalvia e Scaphopoda), além de Polychaeta, com frequências relativas pouco expressivas, estando, apesar de isolada, mais próxima das amostras de VIX 02, das campanhas 1 e 4. As amostras VIX 01 das campanhas 1, 7 e 10 formaram um agrupamento com 75% de similaridade, compartilhando, principalmente, concha de Gastropoda, valva de Bivalvia, Polychaeta e esqueleto de Bryozoa. Os demais grupamentos combinaram GUA 02 e VIX 01, assim como GUA 01 e VIX 02, especialmente pela semelhança na ordem de grandeza dos valores de frequência de ocorrência e da composição dos táxons nestas amostras, mais do que fatores como profundidade ou período de amostragem.

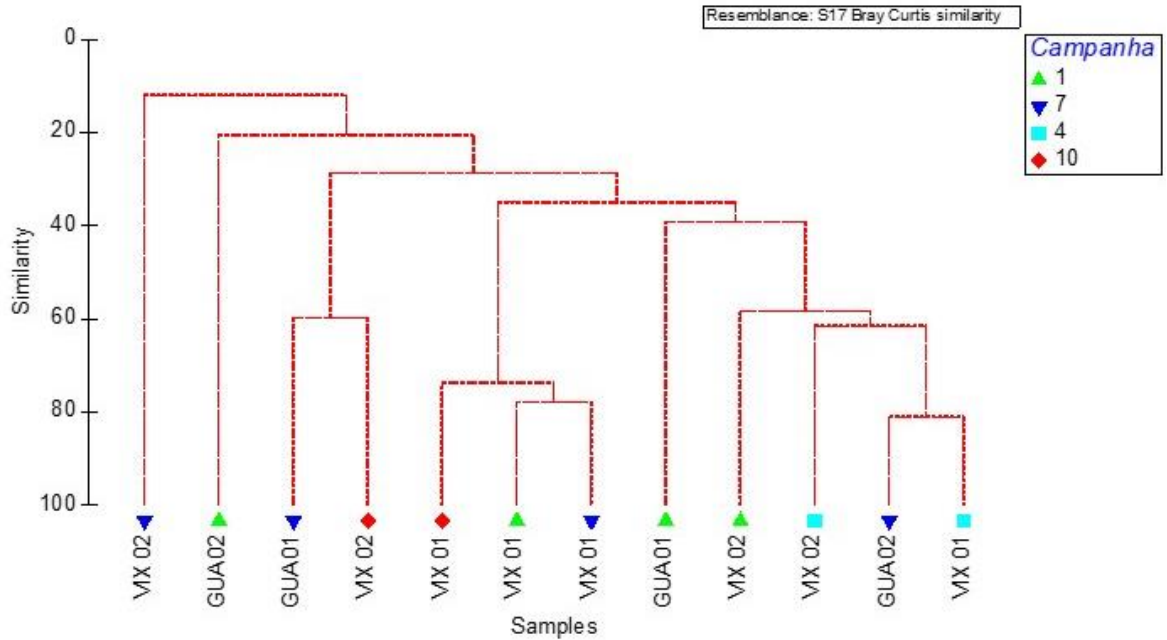
As amostras desta região sul da plataforma do Rio Doce são caracterizadas por substrato com maiores teores de areia: GUA1, entre 10 e 11m de profundidade, com substrato composto por areia (69,64%) e lama (30,36%), teores de CaCO₃ igual a 68,11% e de MO igual a 3,64%; GUA 2, entre 12 e 18 m de profundidade, com substrato com 99,69% de areia, e baixos valores de CaCO₃ (3,85%) e MO (0,20%); VIX 1, com coletas entre 10 a 12 m, com substrato arenoso (97,29% de areia entre grossa e média), acima de 30% de teor de CaCO₃ e 1,19% de MO; VIX 2, com profundidade entre 28m e 31m, substrato composto por cascalho (56,90%) e areia (41,13%), apresentou os valores mais elevados de CaCO₃ (93,11%) e 3,30% de MO (Tabela Geral – Setor Sul). Quando se avalia a interferência dos fatores ambientais na distribuição dos organismos, a análise de nMDS (Figura 10.B) mostra que o tipo de sedimento, cascalho, areia e lama, também relacionados à profundidade, interferem na ocorrência dos organismos destas amostras, reforçando a diferença observada entre os pontos 1 e 2 de cada área. As peculiaridades relatadas na composição faunística das amostras GUA02, primeira campanha e VIX02, campanha 7, são evidenciadas nesta análise e mostram que os fatores ambientais considerados aqui não são os únicos responsáveis por estas diferenças.

Figura 10: Localização das amostras no Setor Sul e ocorrência dos grupos taxonômicos. Coordenadas conforme Tabela 1.

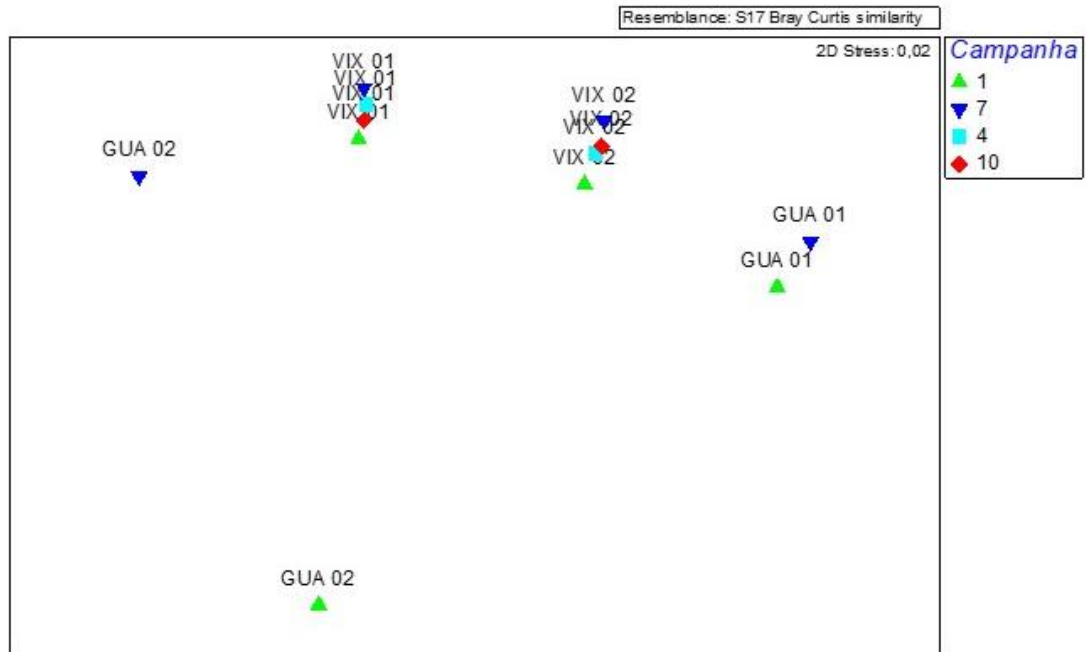


- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ■ Mollusca Gastropoda (concha) | ■ Mollusca Gastropoda (animal total) |
| ■ Mollusca Bivalvia (animal total) | ■ Mollusca Bivalvia (valva) |
| ■ Mollusca Scaphopoda (animal total) | ■ Mollusca Scaphopoda (concha) |
| ■ Mollusca Poliplacophora | ■ Arthropoda Crustacea |
| ■ Cnidaria (animal total) | ■ Cnidaria (esqueleto) |
| ■ Annelida Polychaeta | ■ Annelida Oligochaeta |
| ■ Bryozoa (animal total) | ■ Bryozoa (esqueleto) |
| ■ Outros | |

Figura 11: Análises da dispersão de espécies dos Grandes Grupos no Setor Sul. 11.A – Análise de classificação, utilizando o Índice de Similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as unidades amostrais conforme a composição faunística e frequência relativa dos grupos nas amostras; 11.B – Análise de nMDS mostrando a interferência dos fatores abióticos na dispersão dos organismos.



A



B

2.1.6 Discussão das Análises dos Grandes Grupos

O Projeto de Pesquisa "Mapeamento de Habitats Marinhos da Plataforma Continental do Espírito Santo", fomentado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado do Espírito Santo (FAPES), sob coordenação do Prof. Dr. Alex Cardoso Bastos, do Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOGEO) do Departamento de Oceanografia e Ecologia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) foi desenvolvido entre os anos de 2014 e 2017, com o objetivo de descrever o mosaico de habitats bentônicos marinhos que compõem esta região da plataforma continental quanto aos perfis geomorfológicos, sedimentológicos e da composição da biota. Os resultados provenientes deste trabalho permitiram a caracterização da fauna bentônica antes da chegada dos rejeitos da barragem de Mariana, MG, e da deposição da lama contaminada no fundo marinho, constituindo uma ferramenta fundamental para a avaliação dos possíveis impactos gerados por este rejeito.

No dia 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos operada pela mineradora Samarco no Município de Mariana, região Central de Minas Gerais, causando uma enxurrada de lama e rejeitos de mineração que provocou graves danos ambientais a toda a Bacia do Rio Doce e que se espalhou por uma ampla área da plataforma continental. Após o rompimento, foi necessária a criação de um plano de monitoramento para avaliação dos impactos ambientais causados pela dispersão e deposição do sedimento contaminado na área atingida. Para tanto, foi estabelecida uma Ação Institucional da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em apoio aos órgãos públicos, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo (IEMA), no planejamento de amostragens e análises de dados do monitoramento. Diversas expedições com navios oceanográficos da Marinha e de Instituições de Pesquisas foram realizadas como a Expedição Vital de Oliveira, realizada de 27 a 29 de novembro de 2015; Antares, realizada em 16 a 18 de fevereiro de 2016 e Soloncy Moura, realizada de 20 a 26 de abril de 2016 (Figura 12). A partir destas informações foi possível traçar uma comparação quanto à resposta dos organismos bentônicos aos efeitos decorrentes da chegada dos rejeitos da barragem na plataforma continental do Rio Doce. Estas informações são apresentadas a seguir. Para esta comparação foram considerados apenas os pontos amostrais do projeto de mapeamento de habitats adjacentes aos pontos monitorados após a chegada do rejeito.

No projeto de mapeamento de habitats, anterior à chegada dos rejeitos, para as 59 amostras analisadas na região da plataforma continental do Rio Doce foram triados 5.726 indivíduos e, com base na frequência relativa, o principal grupo taxonômico foi o Filo Bryozoa, seguido do Filo Mollusca, representado pela concha da Classe Gastropoda e valva da Classe Bivalvia e da Classe Scaphopoda (Figura 13).

Figura 12: Distribuição dos pontos amostrais nas Expedições Vital de Oliveira, Antares, Soloncy Moura e Projeto RRDM.

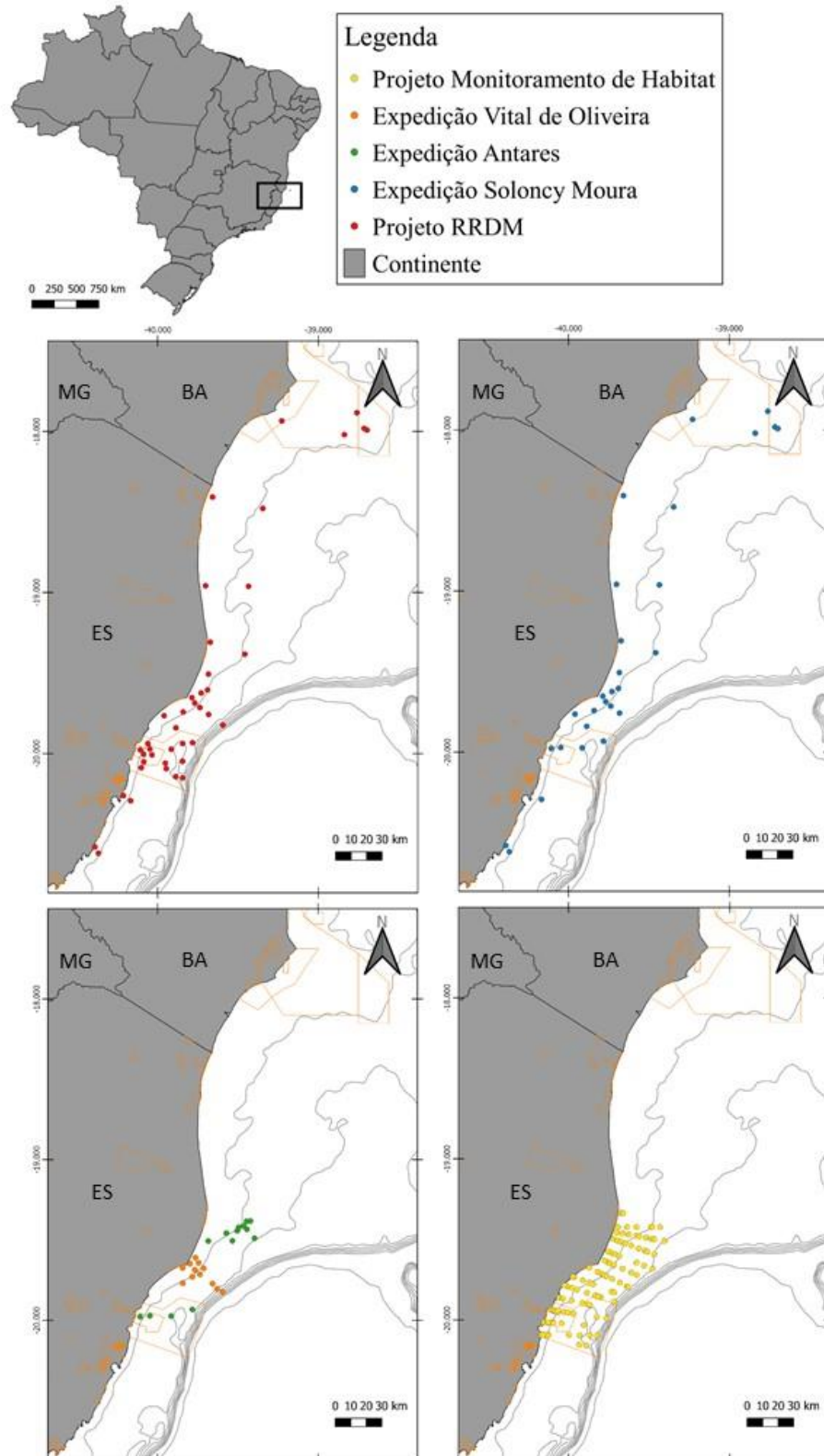
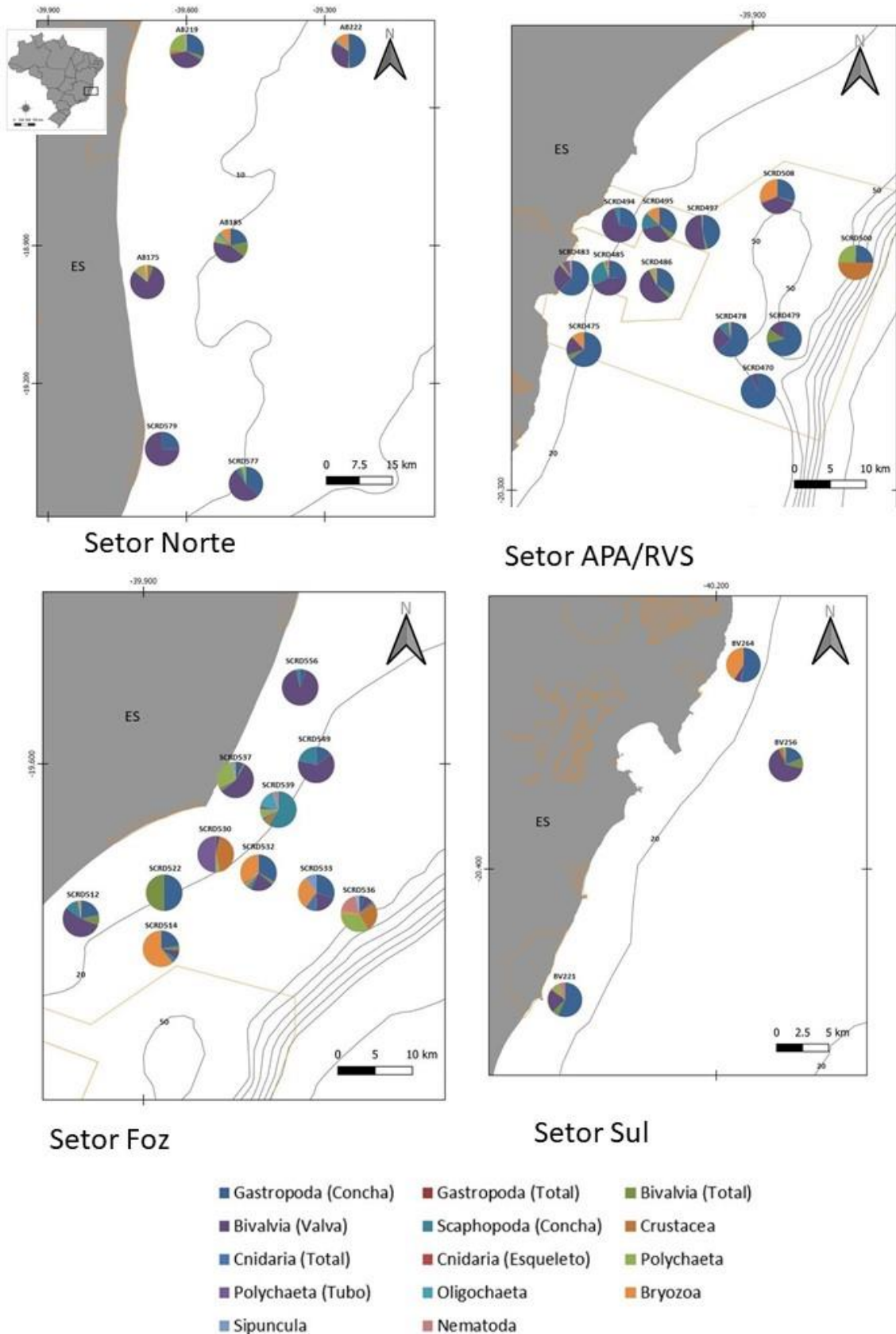


Figura 13: Malha amostral Projeto Mapeamento de Habitats da Plataforma do Espírito Santo – 2015/2016.



Quanto à estrutura de comunidade, os maiores valores do índice de Shannon foram registrados nas amostras caracterizadas por sedimento de areia muito fina e lama localizadas à leste e sul da desembocadura, em profundidade variando de 15 m a 40m. Estes altos valores de Diversidade de Shannon refletiram a baixa dominância, mostrando uma uniformidade na abundância dos indivíduos entre as espécies existentes. Nestas amostras os principais grupos taxonômicos foram Filo Bryozoa e a valva da Classe Bivalvia. Os menores valores do índice de Shannon foram observados nas amostras caracterizadas por sedimento de areia muito grossa e areia fina em frente a desembocadura do Rio Doce em profundidade variando de 10m a 50m. Estes valores foram explicados pela alta dominância, decorrente da maior abundância dos grupos taxonômicos Filo Bryozoa e Filo Mollusca com a concha da Classe Gastropoda (Figura 13).

A análise de classificação usando o índice de similaridade de Kulczynski resultou em cinco grupos de amostras. Em todos eles os principais grupos taxonômicos foram o Filo Bryozoa, Filo Mollusca com a valva da Classe Bivalvia, concha da Classe Gastropoda e concha de Scaphopoda, variando suas frequências relativas de ocorrência entre os grupos de amostras, especialmente conforme a granulometria do substrato de fundo. A análise de nMDS mostrou a interferência na dispersão dos organismos conforme o tipo de substrato, onde concha da Classe Gastropoda apresentou maior frequência relativa no sedimento de areia grossa e areia muito grossa; valva da Classe Bivalvia apresentou maior frequência nos sedimentos areia grossa e areia media; o Filo Bryozoa apresentou maior frequência no sedimento de areia media e areia fina; e a Classe Scaphopoda apresentou maior ocorrência no sedimento de areia media.

Após a chegada dos rejeitos na plataforma continental do Rio Doce, os resultados das expedições de monitoramento são apresentados a seguir.

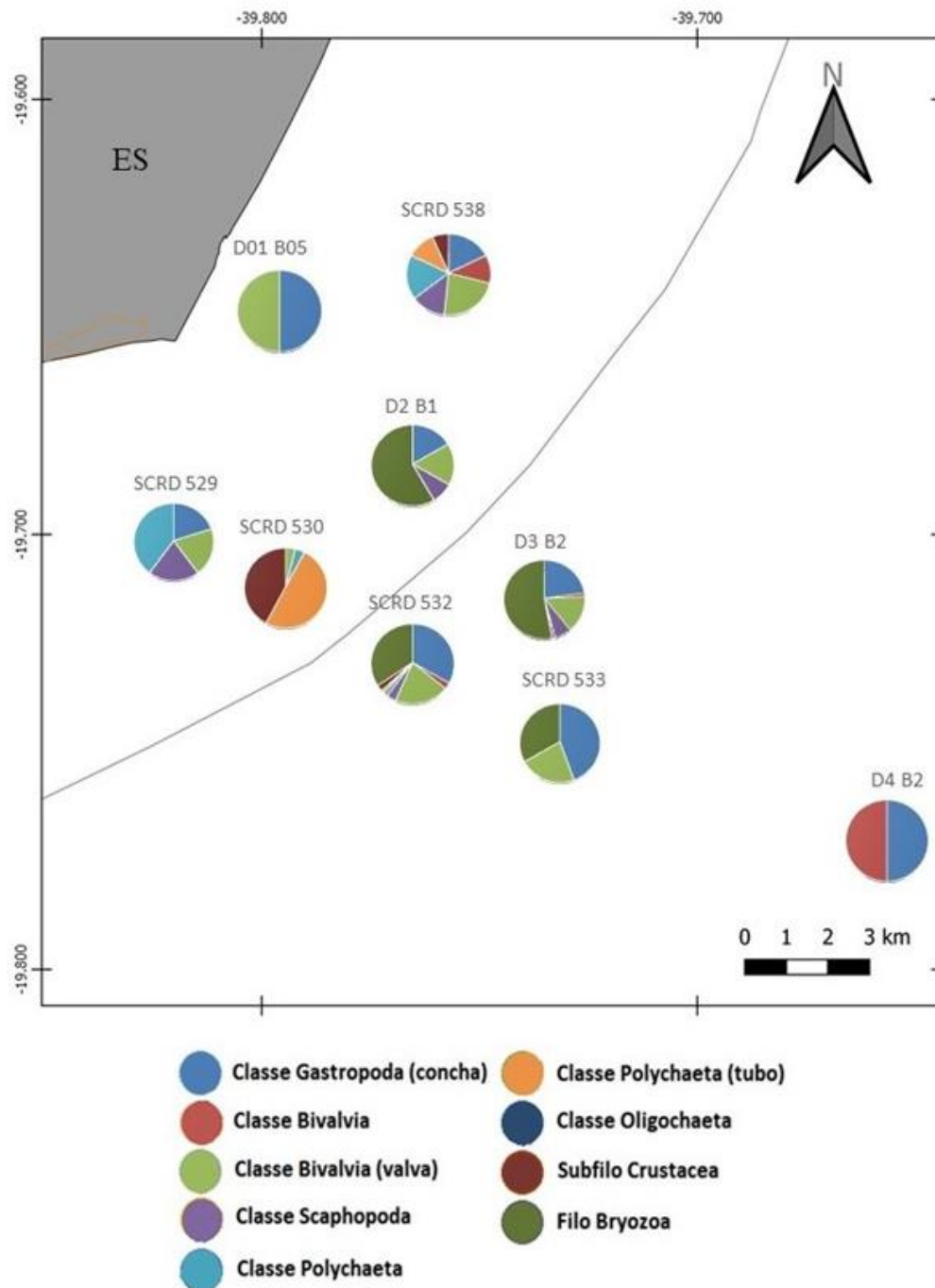
Para as 45 amostras analisadas ao longo do monitoramento, o total de indivíduos triados foi de 5.956. Os maiores valores de frequência relativa das amostras da Expedição Vital de Oliveira (inds/vol) foram observados para a concha da Classe Gastropoda, seguido da valva da Classe Bivalvia, e Classe Bivalvia. Os maiores valores de frequência relativa das amostras da Expedição Antares (inds/vol) foram observados para o Filo Bryozoa, concha da Classe Gastropoda, seguido da valva da Classe Bivalvia, e concha da Classe Scaphopoda. Os maiores valores de frequência relativa das amostras da Expedição Soloncy Moura (inds/vol) foram observados para a concha da Classe Gastropoda, seguido da valva da Classe Bivalvia, concha da Classe Scaphopoda, e Classe Polychaeta.

De acordo com os resultados sobre a ocorrência dos organismos de amostras anteriores (SCRD) e posteriores à chegada do rejeito na plataforma continental do Rio Doce (Expedições Vital de Oliveira, Antares, e Soloncy Moura) com localizações adjacentes, foi observado uma alteração nas comunidades bentônicas. Estes dados são apresentados nas Figura 14, Figura 15 e Figura 16. Ao comparar a ocorrência dos organismos nas amostras anteriores ao desastre com aquelas da Expedição Vital de Oliveira (Figura 14), observou-se que para as amostras mais próximas à desembocadura do Rio Doce, a 10 m de profundidade (SCRD538 e D01 B05), ocorreu uma diminuição da Riqueza S, com a ausência

dos registros do Subfilo Crustacea, o tubo da Classe Polychaeta e as Classes Bivalvia, Scaphopoda e Polychaeta, paralelamente ao aumento da abundância das conchas da Classe Gastropoda e a valva da Classe Bivalvia. Vale ressaltar que estas estruturas não apresentam partes moles dos organismos, sendo um importante registro da ocorrência destes grupos na área.

Comparando a distribuição dos indivíduos nas amostras na direção da desembocadura, a 20 m de profundidade (SCRD529, SCRD530, D2 B1 e D2 B2), observou-se uma redução da frequência relativa de concha da Classe Gastropoda, da Classe Scaphopoda e tubo da Classe Polychaeta, seguido de um aumento na abundância da valva da Classe Bivalvia e do o registro do Filo Bryozoa e do Subfilo Crustacea, em uma das amostras (D2B1), enquanto na amostra D2 B2 a concha da Classe Gastropoda apresentou um aumento expressivo na sua abundância, com a ausência dos demais grupos, como a valva da Classe Bivalvia, e as Classes Scaphopoda e Polychaeta (Figura 14). Comparando-se as amostras na profundidade de 30 m (SCRD532 e D3 B2), registrou-se a diminuição da riqueza e abundância dos grupos que permaneceram na amostra, como o Subfilo Crustacea, a valva da Classe Bivalvia, concha da Classe Gastropoda e da Classe Bivalvia, seguido do aumento da abundância do Filo Bryozoa e da Classe Scaphopoda e registro da Classe Oligochaeta. Comparando a ocorrência dos organismos das amostras a 40 metros de profundidade (SCRD 533 e D4 B2), não houve registro do Filo Bryozoa na amostra após o desastre, houve um aumento na abundância da concha da Classe Gastropoda e da valva da Classe Bivalvia, e o registro do tubo da Classe Polychaeta e das Classes Polychaeta e Bivalvia, com partes moles dos organismos (Figura 14).

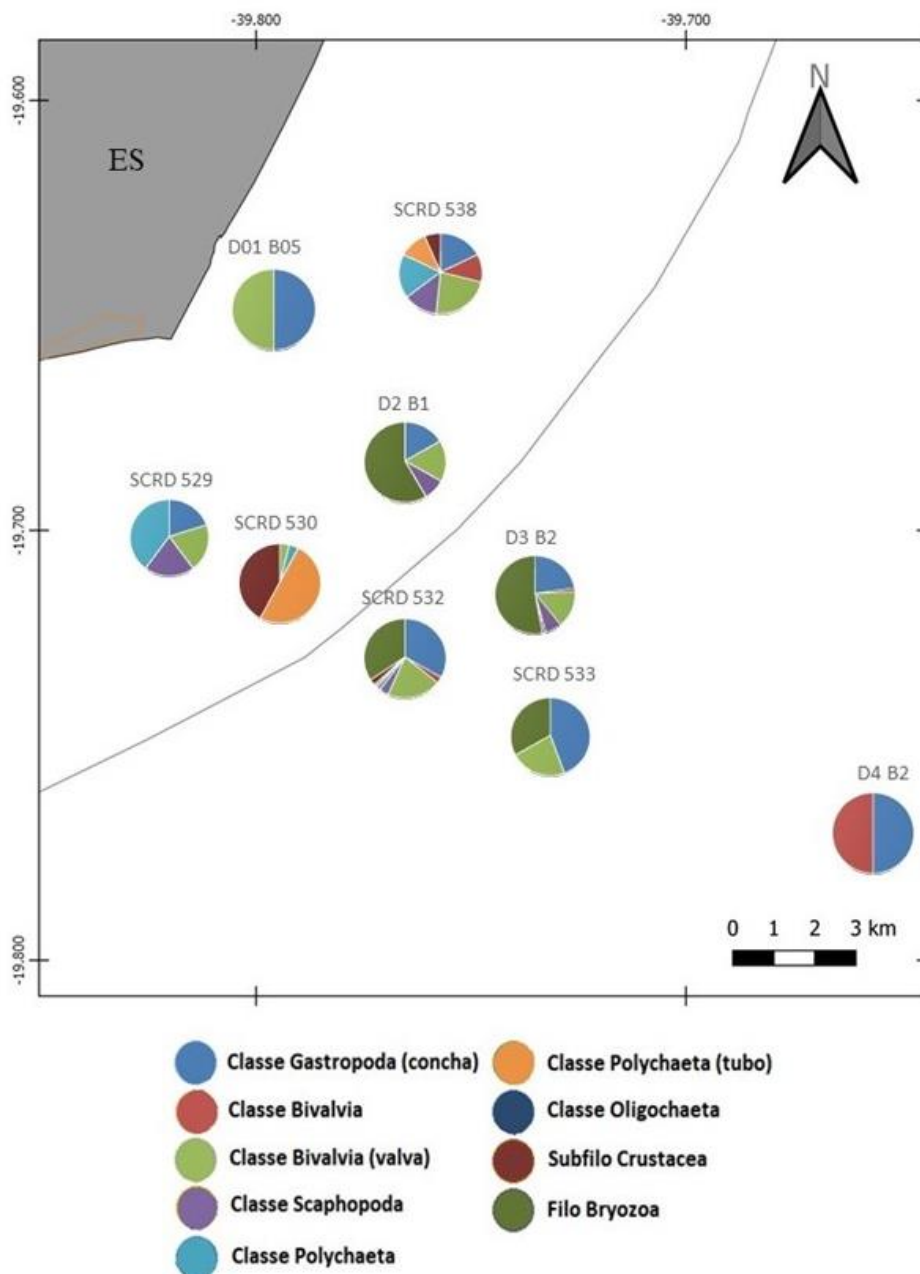
Figura 14: Frequências de ocorrências de organismos Mapeamento de Habitats (SCRD) e Vital de Oliveira (DB)



Foram comparadas as amostras anteriores ao desastre com amostras da Expedição Antares, três meses após a chegada da lama (Figura 15). Comparando a ocorrência dos organismos nas amostras, foi observado a ausência de registros para as classes de Mollusca seguido de aumento na abundância de outros grupos como o Filo Bryozoa, Subfilo Crustacea e a Classe Polychaeta, nas amostras a norte da desembocadura do Rio Doce (SCRD 540 e ANTDN30). Nas amostras a sul (SCRD 529 e ANTDS5) ocorreu a substituição dos grupos por tubos da Classe Polychaeta. Desta forma, pode-se observar uma modificação na composição da comunidade bentônica destas áreas que estiveram concentradas nas

amostras a sul até ANTDS30 (Figura 15). Nas amostras da Área de Proteção de Costa das Algas nas maiores profundidades (ANTDCA 02 e ANTDCA 03) observou-se um aumento na abundância de alguns grupos, além de novos registros de outros, como o Filo Bryozoa, sugerindo que estas comunidades não teriam sido ainda afetada pelos rejeitos, entretanto, na amostra mais próxima à costa (ANTDCA 01), a concha de Gastropoda substituiu os organismos da Classe Bivalvia, ou seja, indivíduos com partes moles de Bivalvia deram lugar a conchas de Gastropoda, sem partes moles dos organismos (Figura 15).

Figura 15: Frequências de ocorrências de organismos Mapeamento de Habitats (SCRD) e Antares (ANTD).

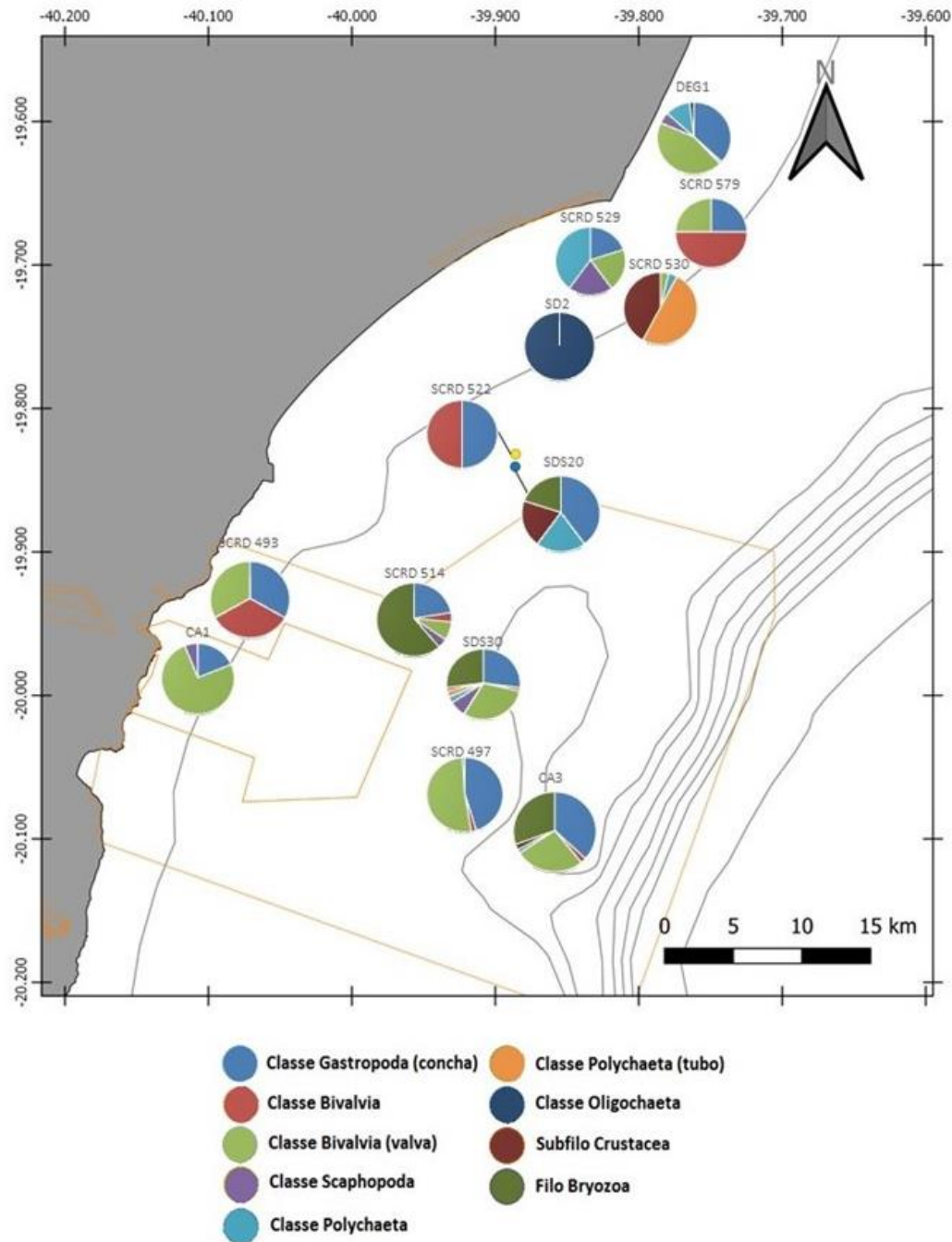


Entre as amostras SCRD com as amostras da Expedição Soloncy Moura (Figura 16) observou-se que nas amostras a norte da desembocadura SCRD 579 e DEG1, novos registros de grupos ocorreram na

comunidade após o desastre, como foi o caso das conchas da Classe Scaphopoda, Classes Polychaeta e Oligochaeta, além de ter ocorrido um aumento na abundância da valva da Classe Bivalvia, da concha da Classe Gastropoda e da Classe Bivalvia. Ao analisar a ocorrência dos indivíduos nas amostras SCR D 514 e SDS 30, foi observado que após a chegada da lama na plataforma continental, houve uma redução dos indivíduos do Filo Bryozoa e da Classe Bivalvia e um aumento da concha da Classe Gastropoda, a valva da Classe Bivalvia, e da concha da Classe Scaphopoda na comunidade pós-desastre, além do registro de outros organismos, como o Subfilo Crustacea, da Classe Polychaeta e do tubo da Classe Polychaeta, ou seja, observou-se uma modificação na comunidade bentônica. Na direção da desembocadura do Rio Doce, a 20 m de profundidade, comparando-se as amostras anteriores ao desastre (SCR D 529 e SCR D 530) e a amostra SD2 observou-se que os grupos taxonômicos registrados anteriormente foram substituídos pela Classe Oligochaeta, único organismo encontrado nesta amostra.

Nas amostras ao sul da desembocadura (SCR D 493 e CA1; SCR D 522 e SDS 20) observou-se um aumento da abundância das partes rígidas de Mollusca, como valva de Bivalvia e concha de Gastropoda, assim como a redução de indivíduos com partes moles de Bivalvia. Entretanto, novos grupos foram registrados como Filo Bryozoa, do Subfilo Crustacea e Classe Polychaeta. Quando comparada a distribuição dos organismos na amostra SCR D 497 e CA3, foi observado que houve o registro do Filo Bryozoa e do Subfilo Crustacea na amostra pós-desastre, o aumento da concha da Classe Gastropoda, das Classes Bivalvia e Polychaeta, enquanto a valva da Classe Bivalvia permaneceu com a mesma frequência relativa (Figura 16).

Figura 16: Frequências de ocorrências de organismos Mapeamento de Habitats (SCRD) e Soloncy Moura (DEG, SD, CA).



Ao se comparar os dados sobre as comunidades bentônicas na área da plataforma continental do Rio Doce antes da chegada dos rejeitos aos dados obtidos nas campanhas do Projeto Rede Rio Doce Mar, pudemos chegar aos resultados apresentados a seguir.

As amostras da porção norte da plataforma do Espírito Santo, especialmente aquelas mais distantes da costa e com maiores profundidades (entre 25 e 30m), apresentaram os valores de frequências relativas dos grupos mais expressivos, especialmente DEG 02, que na primeira campanha apresentou os maiores valores para os grupos de vestígios de animais, concha de Gastropoda, valva de Bivalvia,

concha de Scaphopoda e esqueleto de Bryozoa. Na campanha 4 estes valores foram ainda mais altos para estes grupos, além da ocorrência de Crustacea e Polychaeta. Na campanha 7 os valores dos grupos de vestígios de animais são mais semelhantes aos da campanha 1 em ordem de grandeza, sendo ainda os mais expressivos. Os pontos de ITA 02 e BN 02 também apresentaram os valores mais altos para estes táxons quando comparados aos seus pontos correspondentes de menor profundidade (entre 10 e 15m). Para estes pontos os valores mais expressivos de frequência relativa dos táxons ocorreram na campanha 4. Para os pontos amostrais de Abrolhos, os maiores valores de vestígios, conchas de Gastropoda, valva de Bivalvia, concha de Scaphopoda foram registrados na amostra ABR 04, ABR 03 e ABR 05 na campanha 1, com redução destes valores de ocorrência na campanha 7 (Figura 2). Para as amostras ABR 01 e ABR 02, os valores de conchas de Gastropoda foram maiores na campanha 7. Em todas as amostras da campanha 7, acompanhando a redução dos valores de abundância dos vestígios de Mollusca, foram registrados aumentos, ainda que pouco expressivos, de Bivalvia vivo, Crustacea, Polychaeta e de vestígios como esqueleto de Bryozoa.

Nas amostras da porção norte da foz do Rio Doce observa-se um fundo caracteristicamente de substrato fino, lama e areia muito fina, semelhante ao que ocorre nas amostras da foz SD 01 e SD 02. A composição faunística e abundância dos organismos destas amostras ao longo das campanhas tem sido semelhantes, evidenciado pelas análises de classificação e ordenação, com a tendência de agrupamento entre elas. Os episódios de abundância discrepantes de Polychaeta ocorrido na campanha 1, foi observado também para a amostra SDN 13, em proporções mais discretas (40,700 para SD 01 e 10,200 para SDN 13), seguidos de uma redução na campanha 4 (2,000 para SD 01 e 3,400 para SDN 13) e registro de valores ainda mais altos na campanha 7 (126,111 para SD 01 e 8,000 para SDN 13). Os dados para a campanha 10 nestas amostras indicam uma nova redução (6,000 para SD 01 e 7,900 para SDN 13). Na porção sul da foz, nestes períodos, os maiores valores de Polychaeta foram registrados na amostra SDS 20, durante as três campanhas. Esta amostra possui fundo caracteristicamente lamoso (acima de 90% de lama). As amostras de maiores profundidades da linha da foz, especialmente SD 03, SD 04 e SD 05 apresentam composição faunística e abundância de organismos mais semelhantes às amostras da porção sul, SDS 13 e SDS 30, com substratos mais arenosos, entre areia média e areia grossa. Nestas amostras foram observadas a substituição de grupos taxonômicos ao longo do período de amostragem por vestígios de organismos, como concha de Gastropoda, valva de Bivalvia, concha de Scaphopoda e esqueleto de Bryozoa, da mesma forma que se detecta um aumento da ocorrência de Crustacea e Polychaeta. A descrição destes grupos mais detalhadamente traz contribuições ao entendimento dos processos envolvidos nesta área de estudo.

Para as amostras da Área de Proteção Ambiental de Costa das Algas observa-se um aumento das frequências relativas de vestígios de organismos, com alternância de sobreposição entre estes grupos, por exemplo, concha de Gastropoda sobrepõe esqueleto de Bryozoa, na CA 02, entre a primeira e quarta campanhas. Observou-se um aumento de Polychaeta nas amostras de maiores profundidades, mais distantes da costa, como em CA 06, entre a primeira e quarta campanha, que se mantém, porém com menor frequência relativa na campanha 7. Nas amostras CA 04 e CA 11, entretanto, observa-se

um aumento dos vestígios concha de Gastropoda e valva de Bivalvia, com redução de Polychaeta, entre a campanha 1 e 4, com redução ainda maior da abundância do grupo na campanha 7. Os substratos destas amostras são cascalho e areia grossa, com teores de CaCO₃ acima de 80% nas 3 campanhas, entretanto CA4, na campanha 7 apresenta um valor de cerca de 40% de CaCO₃, com diminuição das frequências relativas dos táxons em geral, mas com um discreto aumento na frequência relativa de Crustacea (de 0,070 para 0,187, entre as campanhas 4 e 7). Os resultados das análises específicas sobre os grupos taxonômicos apresentados neste relatório contribuem para a compreensão deste cenário.

Para as amostras da porção sul da plataforma do Espírito Santo, ao longo do monitoramento, GUA02, na primeira campanha, chamou a atenção pelo fato de ter apenas vestígios de organismos em sua composição de táxons (concha de Gastropoda, Valva de Bivalvia, concha de Scaphopoda, esqueleto de Cnidaria e esqueleto de Bryozoa). Os valores de matéria orgânica e CaCO₃ foram muito pouco expressivos (0,20 e 3,85, respectivamente). Nesta mesma campanha 1, a amostra GUA01 apresentou maiores frequências relativas para estes mesmos grupo de Mollusca, porém, foi registrada a ocorrência de Polychaeta, com partes moles. Na campanha 7, seis meses depois, observou-se a ocorrência dos mesmos vestígios, com um aumento da frequência relativa, porém com a presença de outros grupos, como Crustacea e Polychaeta. Nas amostras VIX01 e VIX02 entre a primeira campanha e a segunda, observou-se um pequeno aumento nos valores de frequências relativas dos táxons. Porém, na campanha 7, observou-se um aumento das abundâncias dos táxons, culminando no valor de 48,566 para concha de Gastropoda em VIX02. Outros aumentos menos expressivos foram observados para todos os outros táxons registrados na amostra. Nenhuma variação nos teores de composição de substrato, MO ou CaCO₃ foi registrada. Para a campanha 10, os valores de frequência relativa voltaram a diminuir para todos os táxons, exceto para esqueleto de Bryozoa, que apresentou sua maior frequência relativa em VIX02 nesta campanha. Nestas duas campanhas, 7 e 10, nesta amostra, observou-se um aumento da Riqueza e Diversidade, entretanto, ocasionado pela ocorrência e abundância de vestígios de organismos.

De maneira geral, para todos os pontos amostrais, os maiores valores de Diversidade ocorreram nas amostras das campanhas 7 e 10 e estiveram relacionados com abundâncias mais equitativas entre os táxons do que com aumento da Riqueza S.

Os cenários descritos anteriormente, desde os dados obtidos antes da chegada do rejeito ao ambiente marinho e durante o monitoramento pós desastre a partir de 2015, mostraram uma alteração na composição da comunidade faunística bentônica nas áreas afetadas pelo rejeito, com a diminuição da abundância e da área de ocorrência de grupos taxonômicos como Crustacea, Polychaeta, Nematoda, Holothuria, Ophiuroidea, entre outros, que foram substituídos por valores expressivos de frequência relativa de outros grupos, especialmente os vestígios de animais, como as conchas de Gastropoda, valva de Bivalvia, concha de Scaphopoda e esqueleto de Bryozoa. Em um estudo sobre a comunidade bentônica na área da plataforma continental na região da foz do Rio Doce, com amostragem entre 2010 e 2011, Matthews-Cascon et al. (2018) relataram como os grupos mais abundantes Polychaeta,

Crustacea e Mollusca, além de outros grupos menos abundantes como Nemertea, Echinodermata, Sipuncula, Turbellaria, Pycnogonida, and Echiura. Os autores compararam os períodos seco (verão) e chuvoso (inverno) e constataram que, embora Polychaeta fossem predominantes em todas as amostragens, a maior abundância relativa foi registrada para Crustacea no período de inverno, representados pelos Amphipoda, enquanto os Mollusca apresentaram valores de abundância e frequência pouco expressivos ao longo de toda a amostragem. Estes dados permitem a confirmação de uma alteração na composição faunística registrada nos cenários apresentados ao longo do monitoramento da área de estudo, desde dezembro de 2015, onde tem sido registrados os maiores valores de frequência relativa para o grupo menos abundante nestas amostragens de 2010 e 2011, o Filo Mollusca, ainda assim para os vestígios de suas espécies. Os maiores valores de Riqueza e Diversidade foram encontrados pelos autores nas amostras mais distantes da costa, em maiores profundidades nos dois períodos amostrais, o que também tem sido constatado nos resultados apresentados aqui, reforçando a interferência do aporte do Rio Doce na comunidade faunística bentônica da área sob sua influência.

Gomes et al (2017) registraram o início destas alterações em decorrência da chegada dos rejeitos no estuário do Rio Doce, com amostragens dias antes e dias depois da chegada do rejeito à foz. Os autores encontraram 23 táxons, 15 deles Polychaeta e 5 Mollusca. A maior abundância registrada, entretanto, foi para larvas de Insecta da Família Chironomidae, especialmente dois dias depois da chegada do rejeito, que dobrou as suas taxas de abundância. Além dos Chironomidae, os autores observaram uma alteração na composição da macrofauna para outros grupos, com redução de cerca de 30% da riqueza de táxons, seguido do aumento da abundância de espécies resistentes, tanto para Mollusca, como para Polychaeta que 5 dos 15 táxons passaram a responder por mais de 80% dos táxons da macrofauna depois da chegada do rejeito. Estes autores relataram os maiores impactos na comunidade faunística bentônica, na riqueza e abundância das espécies, no canal central do Rio Doce, assim como tem sido observados eventos de aumentos de abundâncias expressivos para Polychaeta na amostra SD 01, na foz do Rio Doce, registrados nas campanhas 1 e 7. Da mesma forma, foram registradas alterações de mesma natureza nas amostras mais rasas a norte da foz, como SDN 13 para Polychaeta nestas campanhas e, de modo geral, para os vestígios de Mollusca na amostra SDN 20, sugerindo um transporte dos rejeitos provenientes do Rio Doce para norte.

A importância destes grupos taxonômicos Polychaeta, Crustacea e Mollusca tem sido ressaltada em estudos de áreas próximas a foz de rios sob impacto como em Paixão et al (2010) e Zalmon et al (2015), com maiores abundâncias de espécies resistentes de Polychaeta, tanto para contaminação de metais (Paixão et al, 2010), como para poluentes orgânicos (Zalmon et al, 2015).

Warwick e Clarke (1993), em um estudo de caracterização de alterações em comunidades bentônicas sob impacto na costa NE do Atlântico, encontraram como os principais grupos taxonômicos Mollusca, Echinodermata, Polychaeta e Crustacea. Os autores relataram variações no tamanho médio do corpo das espécies entre os grupos; variação no tamanho do corpo em espécies de Polychaeta, o que não ocorreu dentro dos demais grupos. Esta alteração em Polychaeta ocorreu com a substituição de

espécies com tamanhos menores de corpo pelas de tamanhos maiores de corpo e não por variação de tamanho dentro da mesma espécie. Isto implicou em substituição de espécie e alteração da composição faunística, podendo acarretar modificações funcionais ecológicas na comunidade.

Savage et al (2001), avaliando o impacto de mineração no sudeste da África e costa NE do Atlântico, encontrou como os principais grupos Crustacea, Mollusca, Annelida e Echinodermata, este último em áreas menos poluídas. Segundo Ryu et al (2011), respostas graduais do macrobentos podem refletir diferentes níveis e tipos de impactos por contaminantes. Os autores citaram como efeito comum de impactos alteração na estrutura da comunidade bentônica, com diminuição da diversidade e aumento na abundância de determinados grupos, como os cenários que têm sido encontrados nos estudos para a região do Rio Doce. Para o porto na baía a norte de Incheon, Coréia do Sul, exposto a resíduos industriais, os autores registraram que de 36 espécies identificadas, 29 eram de Polychaeta Capitellidae, grupo indicador de poluição, especialmente *Capitella capitata*, espécie oportunista, sem habilidade competitiva, que resiste a ação de poluentes, sobrevivendo em locais contaminados.

Os resultados encontrados ao longo deste monitoramento evidenciaram eventos de abundâncias expressivas de Polychaeta em pontos amostrais sob maior influência do aporte fluvial do Rio Doce (SD 01 e amostras mais rasas a norte – SDN 13), indicando possíveis efeitos mais drásticos de concentração de contaminantes nestes períodos amostrais. Entretanto, na maioria das amostras ao longo do monitoramento, os indicadores mais importantes de impacto tem sido a ocorrência e abundância dos vestígios de animais, principalmente os Mollusca, concha de Gastropoda, valva de Bivalvia, concha de Scaphopoda, além de esqueleto de Bryozoa. Os vestígios de Mollusca tem sido os grupos dominantes ao longo da área amostral, substituindo muitas vezes outros grupos com partes vivas, como os próprios Bivalvia, Crustacea, Polychaeta, Nematoda e Echinodermata.

As análises taxonômicas sobre o Filo Mollusca, Subfilo Crustacea e Classe Polychaeta apresentadas neste relatório trazem os detalhamentos sobre o cenário apresentado nas comunidades faunísticas da área de estudo.

2.1.7 Grupos Taxonômicos Específicos - Filo Mollusca

O Filo Mollusca é o segundo maior filo animal em número de espécies, apresentando os mais diversos modos de vida e ocupando quase todos os nichos (Absalão et al., 2006; Amaral et al. 2005.), além disso, são considerados importantes componentes da macrofauna bentônica marinha, em termos de riqueza e abundância, e as conchas vazias se constituem em um registro semi-permanente de sua ocorrência (Gonçalves; Lana, 1991). A maior biodiversidade dos moluscos pertence à Classe Gastropoda seguida por Bivalvia, as quais são exploradas comercialmente (Amaral et al. 2005). Além disso, os moluscos são bons bioindicadores para monitoramentos ambientais e estudos de ecotoxicologia devido ao hábito sedentário ou sésil da maioria e sensibilidade para as características físicas e químicas do ambiente (Kathiresan, Bingham, 2001; Rittschof, McClellan-Green, 2005).

Para o Filo Mollusca foram identificados, até o momento, os indivíduos com parte mole (completos) e conchas inteiras e bem preservadas, correspondendo a campanha 1 (exceto o ponto SD 05) e a campanha 4 (exceto os pontos do Setor Foz e o ponto ITA 02). Os resultados prévios foram analisados separadamente, e comparados entre animais completos e conchas.

2.1.7.1 Mollusca completos

Os representantes do Filo Mollusca (com parte mole- completos) apresentaram um total de 70 espécies, distribuídos em 40 famílias. A Classe Bivalvia foi a mais representativa, tanto na frequência relativa (3,78 ind./ml) quanto na riqueza (50 táxons), seguido das Classes: Gastropoda (0,14 ind./ml; 15 táxons), Polyplacophora (0,012 ind./ml; quatro táxons) e Scaphopoda (0,003 ind./ml; 1 táxon) (Figura 17). Com relação ao total, as espécies pertencentes à Classe Bivalvia apresentaram a maior frequência, tanto relativa (*Nucula brasiliiana*=16%), *Caryocorbula cymella* (14%); *Crassinella* sp. (9%) (Figura 18), quanto de ocorrência (*Warrana besnardi* (44,64%); *Crassinella lunulata* (39,92%); *Crassinella* sp. (30,35%).

Figura 17: Frequência relativa e riqueza S dos animais completos das Classes de Mollusca.

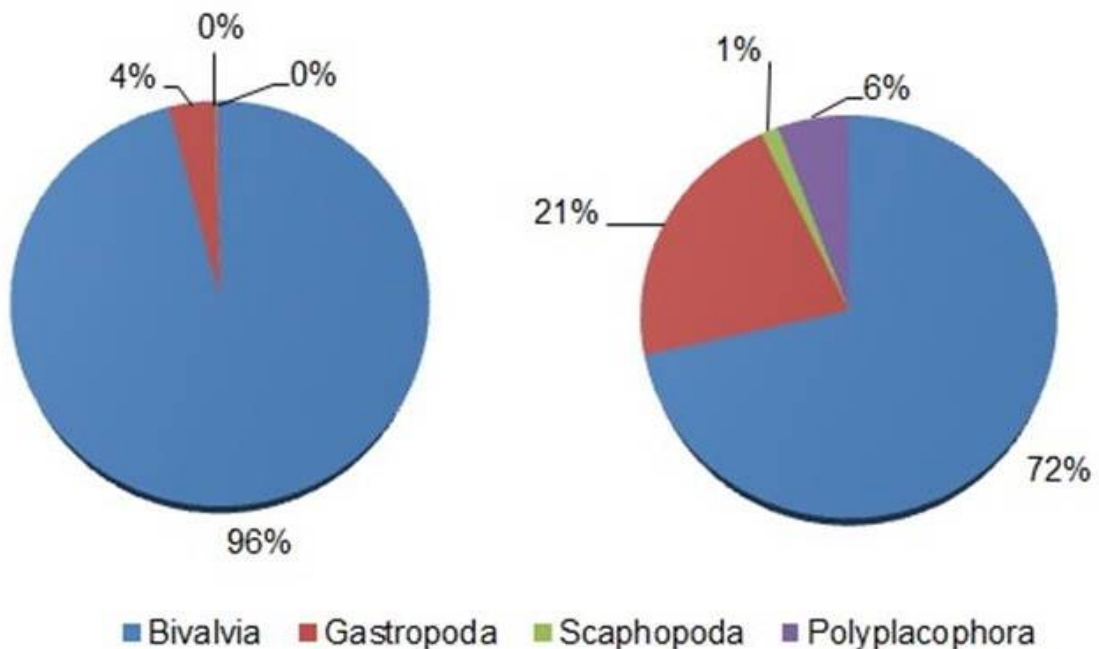
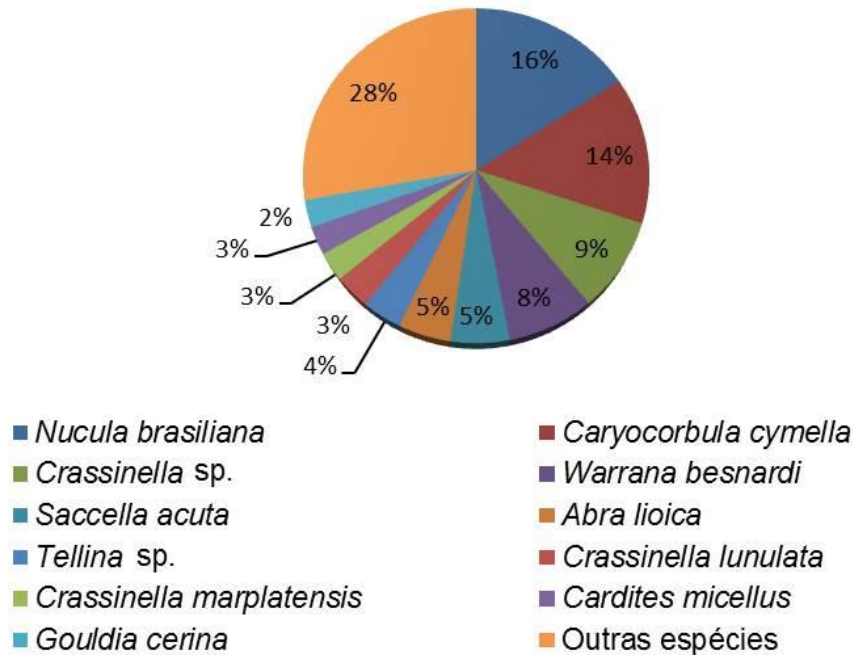
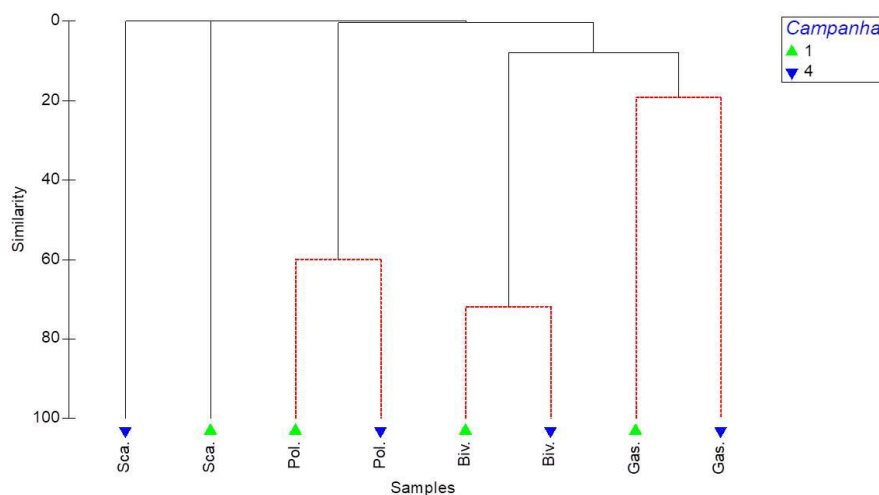


Figura 18: Frequência relativa das espécies de moluscos completos. Espécies com valores de frequência relativa abaixo de 0,1 ind./ml foram agrupadas como outras espécies.



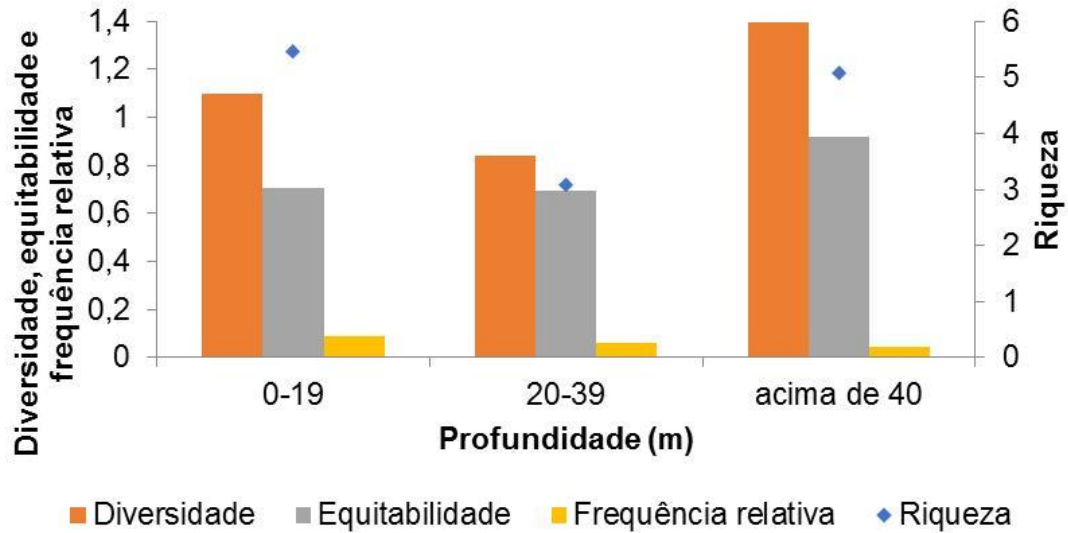
De acordo com a análise de classificação, utilizando os dados de frequência relativa total por cada Classe de moluscos completos, nos Setores Norte, APA/RVS e Sul (campanhas 1, 4), houve a formação de grupos entre as comunidades de Bivalvia, de Gastropoda e de Polyplacophora, demonstrando semelhanças nas frequências dessas Classes entre as duas campanhas. Para Scaphopoda foram registrados basicamente, presença de conchas, exceto no Setor de Abrolhos (campanha 1) que anotou um indivíduo com parte mole (Figura 19).

Figura 19: Análise de agrupamento, utilizando os dados de frequência relativa total das Classes de Mollusca (índice de Bray-curtis) (Biv. Bivavia, Gas. Gastropode, Pol.: Polyplacophora, Sca.: Scaphopoda; campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



Os locais com profundidades de 0 a 19 apresentaram as maiores representatividade de frequência relativa (0,08 ind./ml) e riqueza (5,45), enquanto que acima de 40 m, revelaram dados mais elevados de diversidade (1,39) e equitabilidade (0,91) (Figura 20).

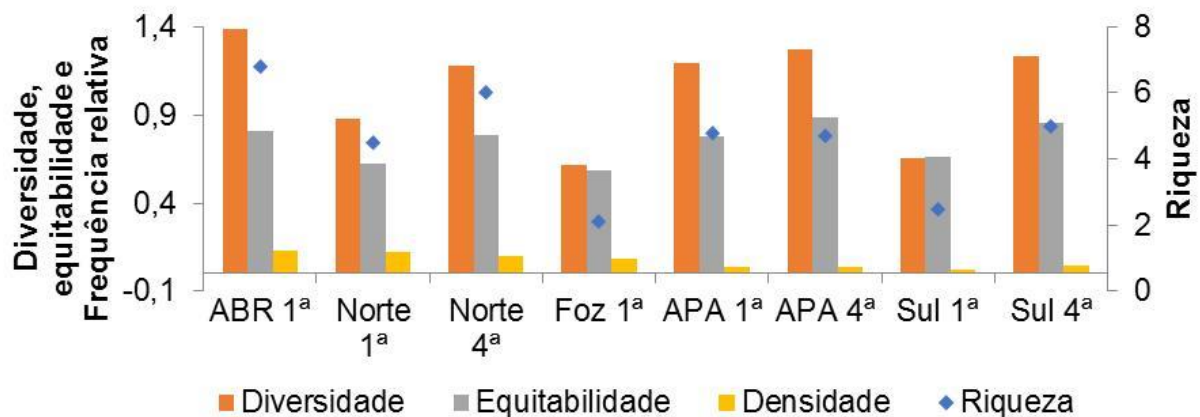
Figura 20: Valores médios dos índices ecológicos dos moluscos completos em diferentes profundidades, campanhas 1 e 4.



2.1.7.2 Índices ecológicos – moluscos completos

Em Abrolhos foram apontados os maiores valores de diversidade (1,4), riqueza (6,8) e frequência relativa (0,13 ind./ml), enquanto na Foz foram registrados os menores valores de diversidade (0,6), riqueza (2,1) e equitabilidade (0,58) (Figura 21). Entre os pontos amostrados, o BN 01 (campanha 4) apresentou maiores valores de diversidade (2,3) e riqueza de espécies (16), enquanto em DEG 02 (campanha 1) observou o maior valor de frequência relativa de espécies (0,48 ind./ml), ambos do Setor Norte.

Figura 21: Valores de diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos dos Setores Abrolhos (ABR), Norte, Foz, APA e Sul, compreendendo as campanhas 1 e 4.



2.1.7.3 Setor Abrolhos – moluscos completos

Os valores de Riqueza S variaram de dois (ABR 01) a 13 (ABR 04), enquanto a diversidade foi de 0,5 (ABR 01) a 1,9 (ABR 05) (Figura 22). De acordo com análise de agrupamento e o teste SIMPROF, não houve grupos Significantes entre as amostras de Abrolhos. As espécies *Crassinella lunulata* (52%) e *Crenella decussata* (22%) foram as mais representativas nesse Setor (SIMPER) (Figura 23).

Figura 22: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor Abrolhos (ABR), referente a campanha 1.

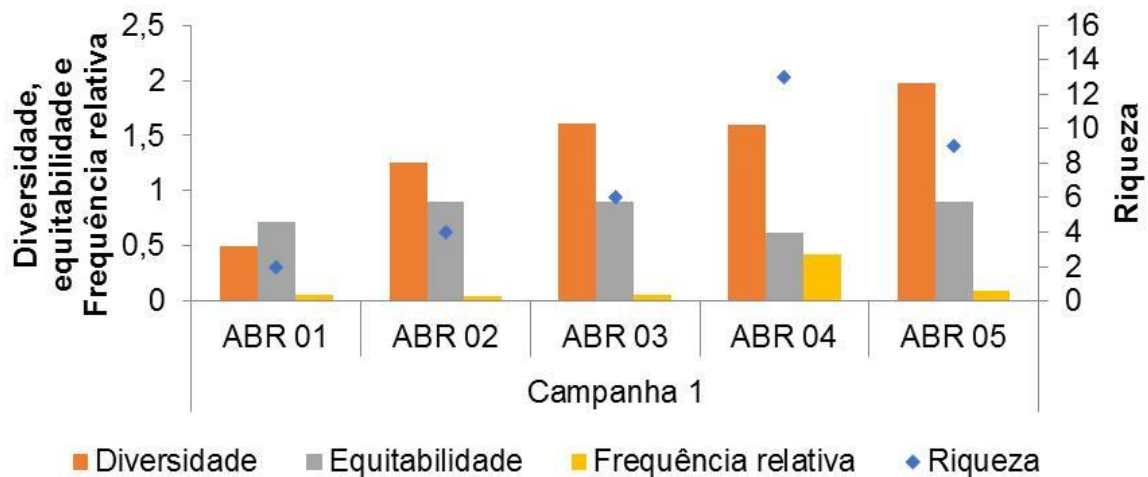
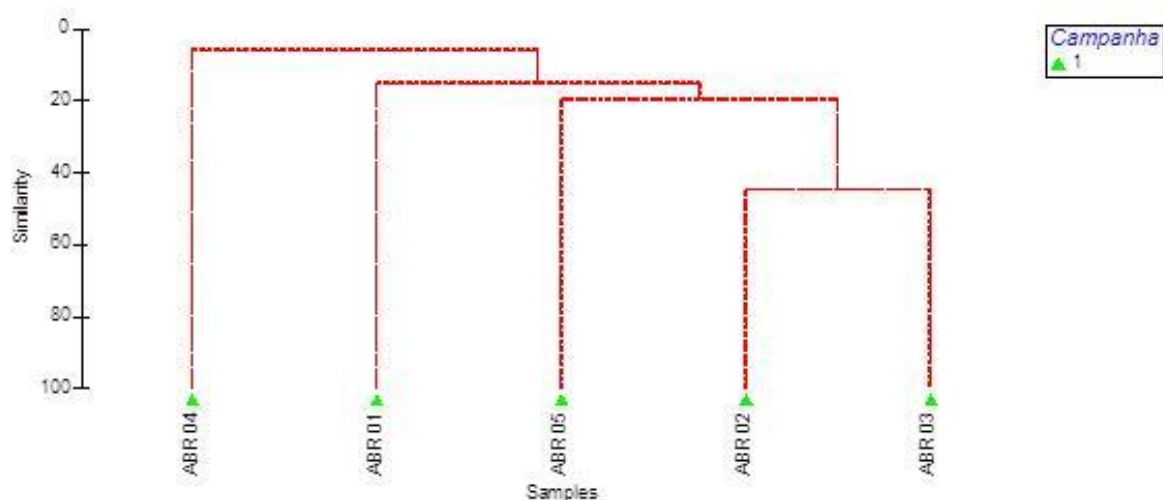


Figura 23: Dendrograma da análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Abrolhos (ABR) (campanha 1). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



2.1.7.4 Setor Norte – moluscos completos

Analisando somente os pontos do Setor Norte, foi possível verificar que o BN 01 (campanha 4) apresentou os maiores valores de diversidade (2,3) e riqueza (16) (Figura 24). Os maiores valores de frequência relativa foram registrados no ponto DEG 02 (campanha 1) (0,48 ind./ml). De acordo com a

análise de agrupamento e o teste SIMPROF, houve a formação de três grupos principais. 1) agrupou o ponto BN 01 nas duas campanhas, caracterizado por fundo de rodolito; 2) reuniu DEG 02 das duas campanhas e o grupo 3 com os pontos DEG 01, ITA 01 e BN 02 (duas campanhas) e ITA 02 (campanha 1) (Figura 25). As espécies que mais contribuíram para a formação do grupo 1 foram *Lamychaena hians* (34%) e *Crassinella marplatensis* (17%). A espécie que mais contribuiu para o Grupo 2 foi *Nucula brasiliana* (61%) e para o grupo 3 foi *Crasinella* sp. (85%) (SIMPER).

Figura 24: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor Norte (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).

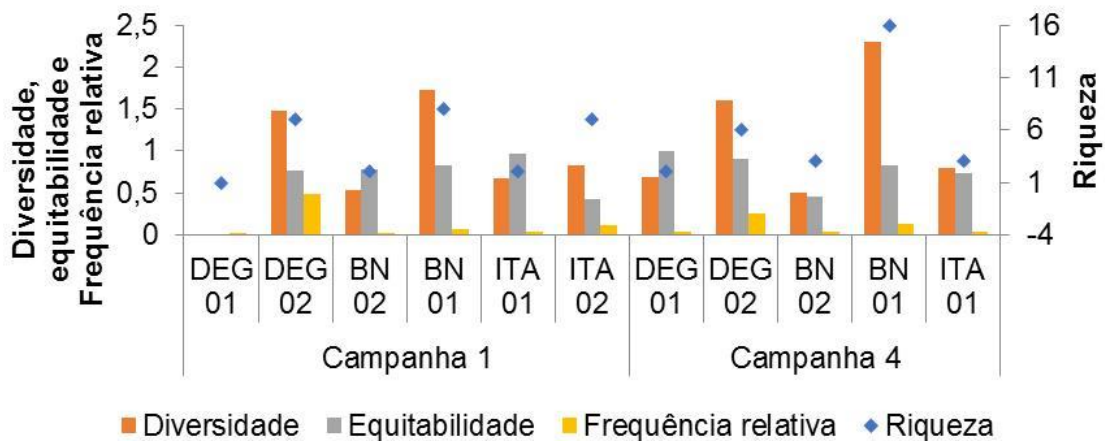
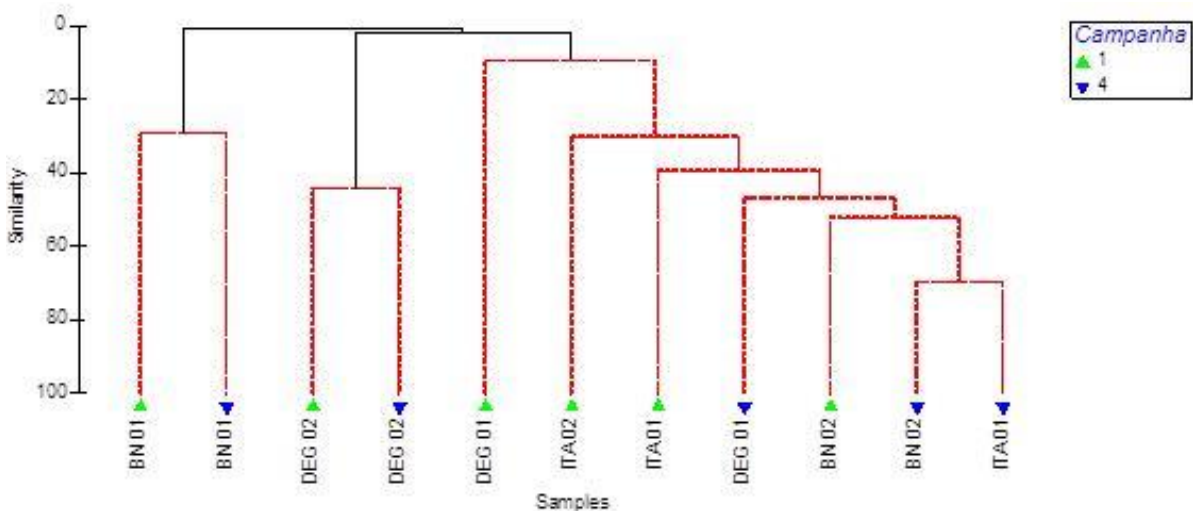


Figura 25: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos da porção norte (campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).



2.1.7.5 Setor Foz – (Foz Norte, Foz Central e Foz Sul) – moluscos completos

Os pontos do Setor Foz apresentaram a maior variação entre os indicadores, com ausência de organismos completos nos pontos SD 01, SD 03 e SDS 30, enquanto que no SD 04 foram anotados os maiores valores de diversidade (2,0) e riqueza (8) (Figura 26). Para a frequência relativa, observou-se a maior representatividade nos pontos SDS 20 (0,33 ind./ml) e SDN13 (0,30 ind./ml). A análise de

agrupamento e o teste SIMPROF não indicaram formação de grupos Significantes (Figura 27). As espécies *Nucula brasiliiana* (37%) e *Caryocorbula cymella* (32%) foram as espécies mais representativas nesse Setor (SIMPER).

Figura 26: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor Foz (SDN, SD, SDS), campanha 1.

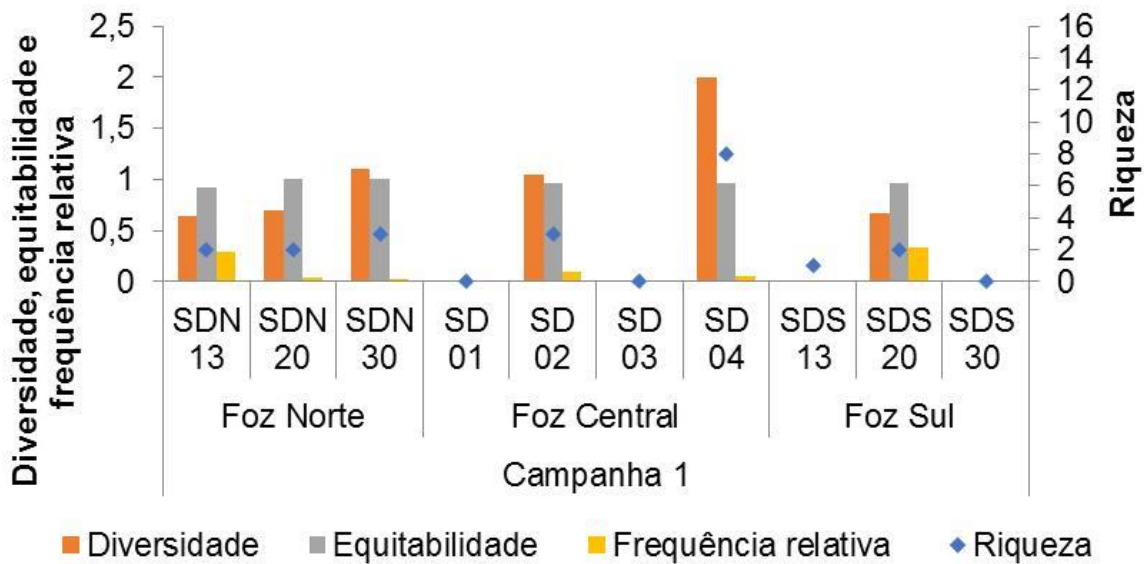
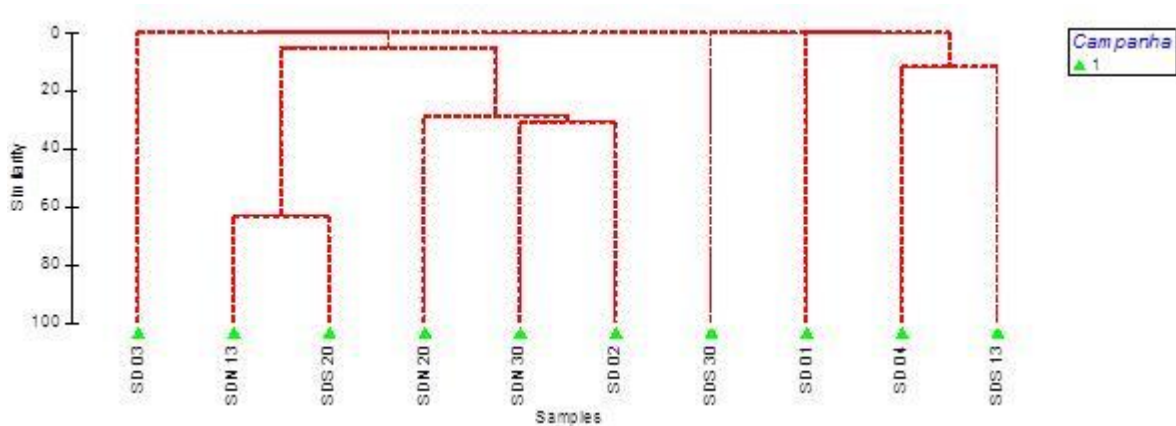


Figura 27: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos completos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Foz (SDN, SD, SDS), campanha 1. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



2.1.7.6 Setor APA/RVS – moluscos completos

Dentre os pontos analisados na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas (APA/RVS), o CA 06 (campanha 1) apresentou o maior valor de riqueza de espécies (11), enquanto o CA 10 (campanha 4) a maior diversidade (1,94) (Figura 28). Em geral, os valores relacionados a frequência relativa foram baixos, sendo o CA 01 da campanha quatro (0,17 ind./ml) o mais alto. A análise de agrupamentos evidenciou seis grupos distintos, grupo 1 com o ponto CA 04 (campanha 1), grupo 2 com o ponto CA 05 (campanha 4), grupo 3 com os pontos CA 01 e CA 08 (duas campanhas), CA 02 e CA 13 (campanha

1) e CA 05 (campanha 4), grupo 4 com o ponto CA 03 (campanha 4), grupo 5 com os pontos CA 15 (duas campanhas) e CA 11 (campanha 1) e o grupo 6 com os demais pontos e campanhas (Figura 29). *Warrana besnardi* (73%) foi a espécie que mais contribuiu para a similaridade do grupo 3, Mytilidae morfotipo 1 (88,8%) apresentou maior contribuição para a similaridade do grupo 5 e as espécies *Crassinella martinicensis* (25%) e *Cardites micellus* (17%) para o grupo 6 (SIMPER). Os grupos 1, 2 e 4 foram formados por um único ponto, que apresentaram espécies restritas a esses locais. O grupo 1 se diferenciou dos demais pela ocorrência dos bivalves *Ameghinomya antiqua* e *Chlmays ornata* e do Polyplacophora morfotipo 1, o grupo 2 pela ocorrência do gastrópode *Olivella nivea* e grupo 4 pela ocorrência das espécies *Saccella acuta* e *Nemocardium* sp. Os grupos 1, 4 e 5 são caracterizados por fundo de rodolito.

Figura 28: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor APA/RVS (CA) (campanhas 1 e 4).

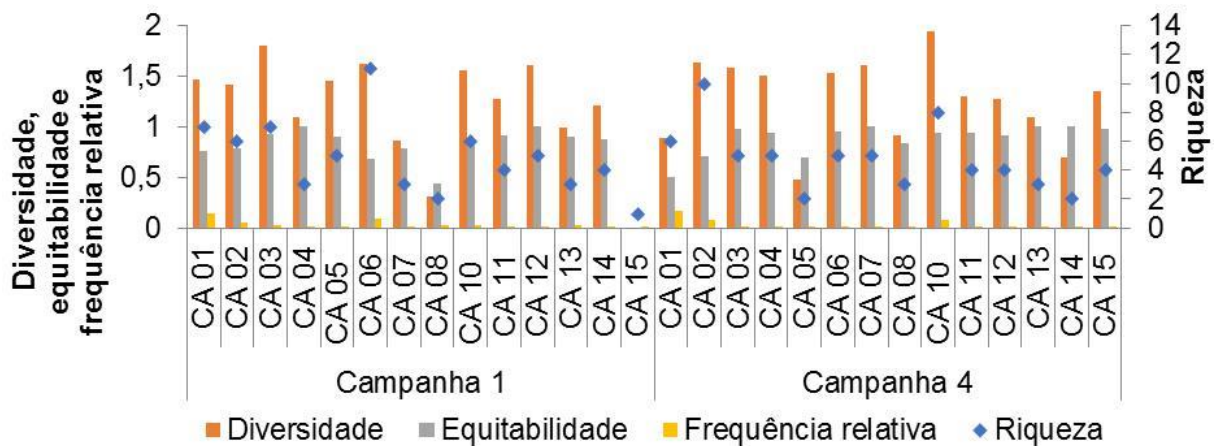
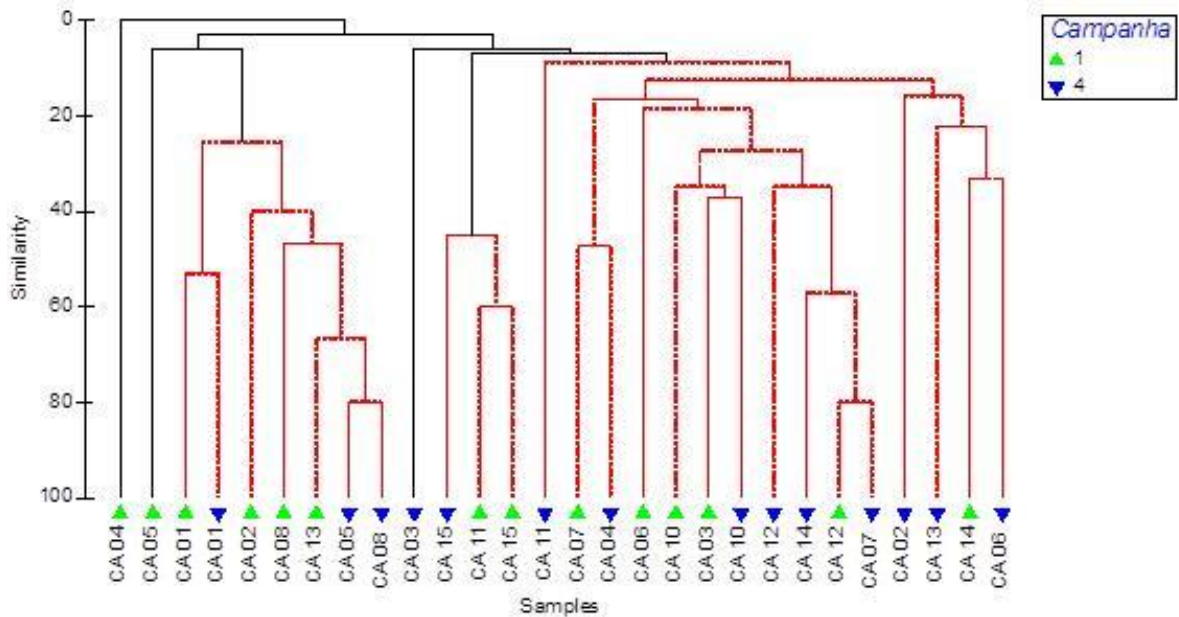


Figura 29: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor APA/RVS (CA) (Campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



2.1.7.7 Setor Sul – moluscos completos

Entre os pontos do Setor Sul, VIX 02 apresentou os maiores valores de diversidade (1,3 e 1,92) e riqueza (5 e 8) nas duas campanhas (Figura 30). Na análise de agrupamento e pelo teste SIMPROF houve a formação de três grupos (Figura 31): Grupo 1: reuniram os pontos VIX 01 nas duas campanhas e GUA 02 da campanha 4; Grupo 2: somente o ponto GUA 01; Grupo 3: agrupou o ponto VIX 02 referentes as duas campanhas. A espécie *Warrana besnardi* foi responsável pela similaridade do grupo 1 (100%). O grupo 2 se diferenciou dos demais devida à ocorrência das espécies *Crassinella* sp. (63%) e *Tawera elliptica* (21%), e o grupo 3 devida à ocorrência de *Gouldia cerina* (32%) e *Cardites micelus* (17%).

Figura 30: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos pontos do Setor Sul (campanhas 1 e 4) (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).

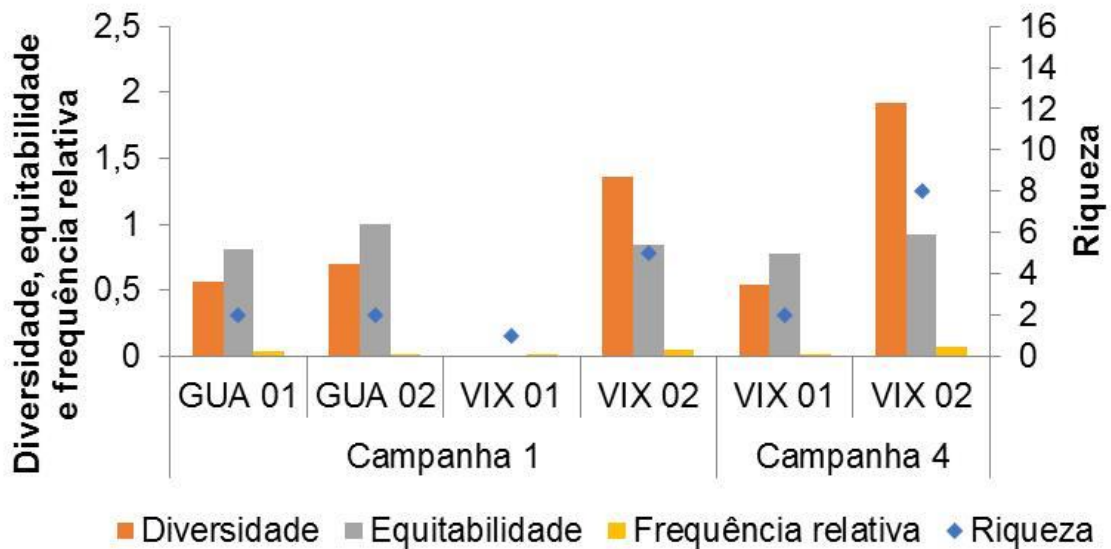
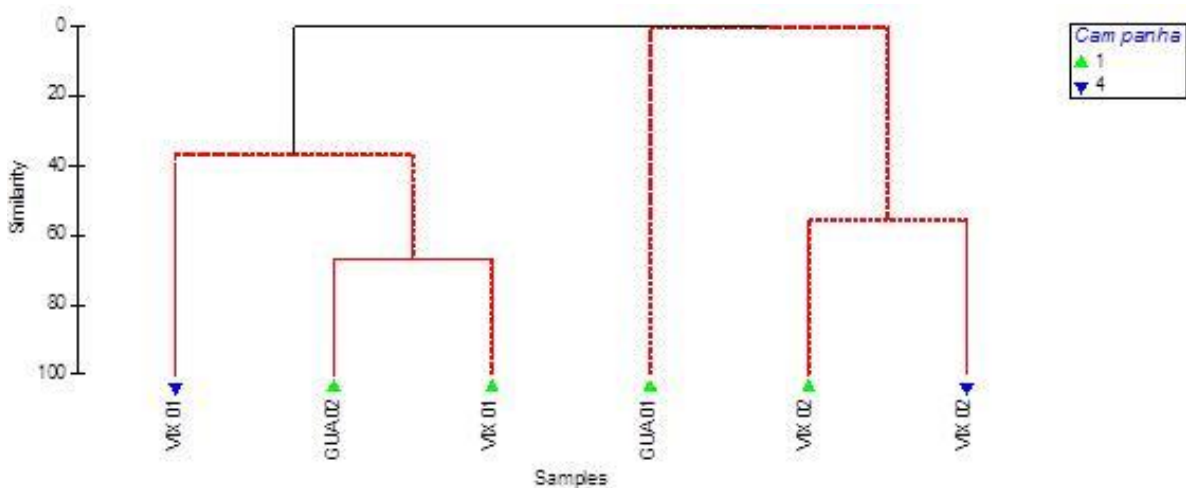


Figura 31: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Sul (campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).



2.1.7.8 Comparação entre conchas e indivíduos completos

Como esperado, as conchas vazias apresentaram os maiores valores de riqueza, diversidade e frequência relativa quando comparados com os animais completos. Considerando os valores totais de frequência relativa, tanto de animais quanto de conchas, das duas classes (Gastropoda e Bivalvia), por local e campanha, obteve-se a maior diferença no Setor Foz (Figura 32). Houve uma correlação positiva entre os valores de moluscos completos e conchas ($P= 0,88$, $r = 0,007$, Teste de Spearman) (Figura 33).

Figura 32: Comparativo da frequência relativa de moluscos completos e conchas entre os Setores e campanhas (1ª campanha 1, 4ª campanha 4). Setores: ABR: Abrolhos, Norte, Foz, APA/RVS, Sul.

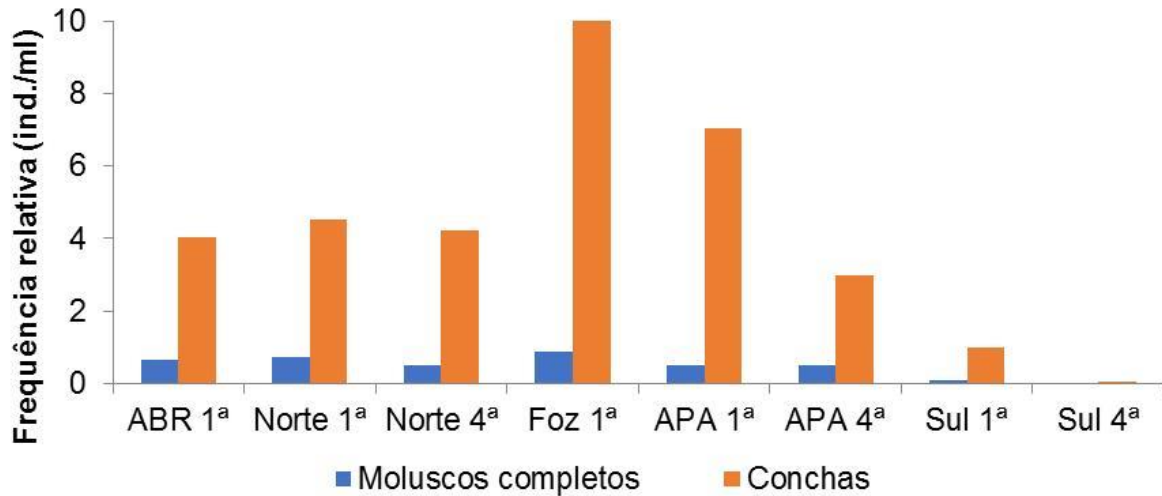
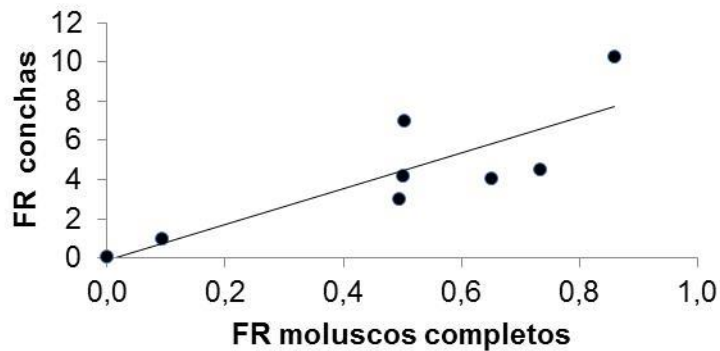


Figura 33: Relação entre frequência relativa (FR) de moluscos completos e de conchas.



2.1.7.9 Conchas de moluscos

Em relação às conchas, até o momento foram identificados 229 táxons distribuídos em 87 famílias. A Classe Bivalvia apresentou a maior frequência relativa em relação ao total (29,24 ind./ml), seguida de Gastropoda (7,23 ind./ml) e Scaphopoda (1,10 ind./ml). Em relação à riqueza, Gastropoda apresentou o maior valor (132 táxons), seguida de Bivalvia (87 táxons) e Scaphopoda (10 táxons) (Figura 34). As espécies com maior frequência em relação ao total foram da Classe Bivalvia: *Caryocorbula cymella* (13%), *Saccella acuta* (10%) e *Nucula brasiliana* (8%) (Figura 35). Em relação à frequência de ocorrência, as espécies mais frequentes foram também da Classe Bivalvia: *Caryocorbula cymella*, *Crassinella lunulata*, *Crassinella marplatensis* (56,67%, 50,00%, 45,00%, respectivamente).

Figura 34: Frequência relativa e riqueza dos táxons de conchas de moluscos identificados até o momento (campanhas 1 e 4).

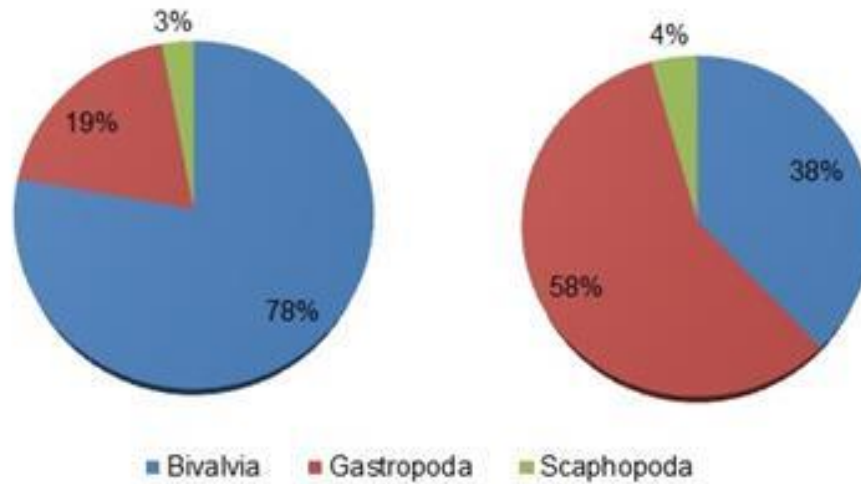
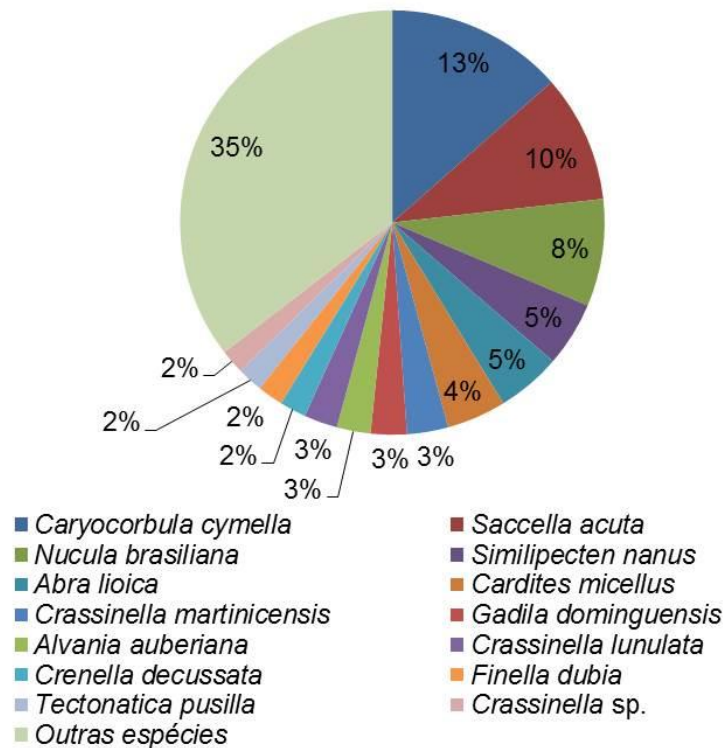


Figura 35: Frequência relativa das espécies de conchas de moluscos. Espécies com valores de frequência relativa abaixo de 0,6 ind./ml foram agrupadas como outras espécies.

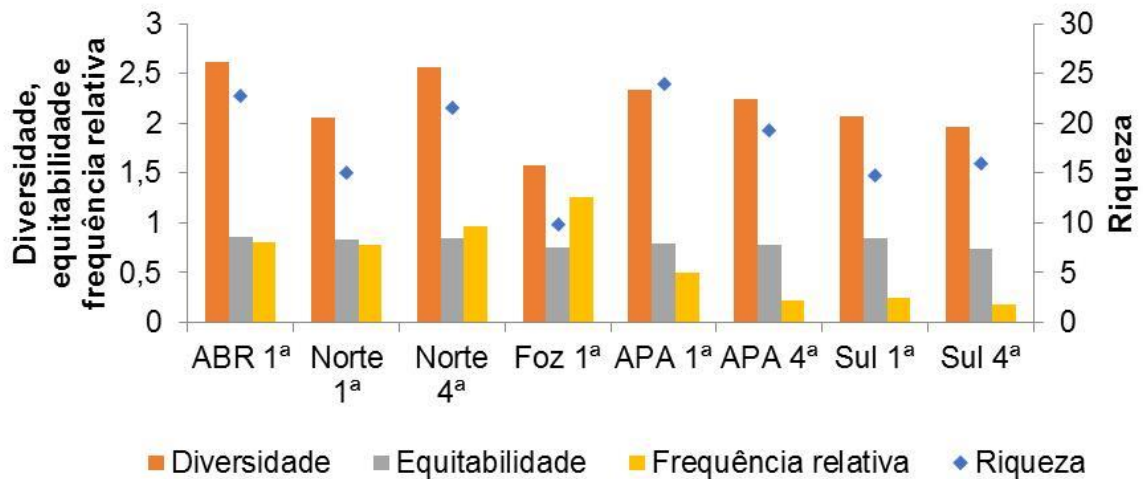


2.1.7.10 Indicadores ecológicos – conchas

Considerando os valores médios dos indicadores ecológicos das conchas de moluscos nos Setores, o Setor APA/RVS na primeira campanha apresentou o maior valor de riqueza (23,9), o Setor Abrolhos o maior valor de diversidade (2,6) e o Setor Foz o maior valor de frequência relativa (1,26 ind./ml) (Figura 36). O Setor Foz apresentou os menores valores de diversidade (1,5) e riqueza (9,9). Entre os pontos,

o maior valor de frequência relativa de conchas foi registrado no SDN 13 (6.9 ind./ml), enquanto riqueza foi no CA 06, referente a primeira campanha (79 espécies). Já os maiores valores de diversidade foram encontrados nos pontos CA 01 e BN 01, da primeira campanha (3,19 e 3,17, respectivamente).

Figura 36: Valores médios da diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos dos Setores Abrolhos (ABR), Norte, Foz, APA/RVS e Sul, Campanhas 1 e 4.



2.1.7.11 Setor Abrolhos – conchas

Em relação às conchas de moluscos, ABR 04 apresentou os maiores valores de diversidade (3,1), riqueza (36) e frequência relativa (1,7 ind./ml) (Figura 37). A análise de agrupamento e o teste SIMPROF evidenciaram quatro grupos distintos, grupo 1 com o ponto ABR 01, grupo 2 com o ponto ABR 04, grupo 3 com o ponto ABR 02 e o grupo 4 com os pontos ABR 03 e ABR 05 (Figura 38). As espécies *Chione cancellata* (38%) e *Alvania auberiana* (19%) contribuíram mais para a similaridade do grupo 4 (SIMPER). No grupo 1, *Carditopsis smithii* apresentou maior abundância e contribuiu mais para a separação do grupo. *Crenella decussata* contribuiu mais para a separação do ponto ABR 02 (grupo 3) e o grupo 2 se diferenciou dos demais devido à ocorrência da espécie *Pitar fulminatus*.

Figura 37: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor Abrolhos, campanha 1.

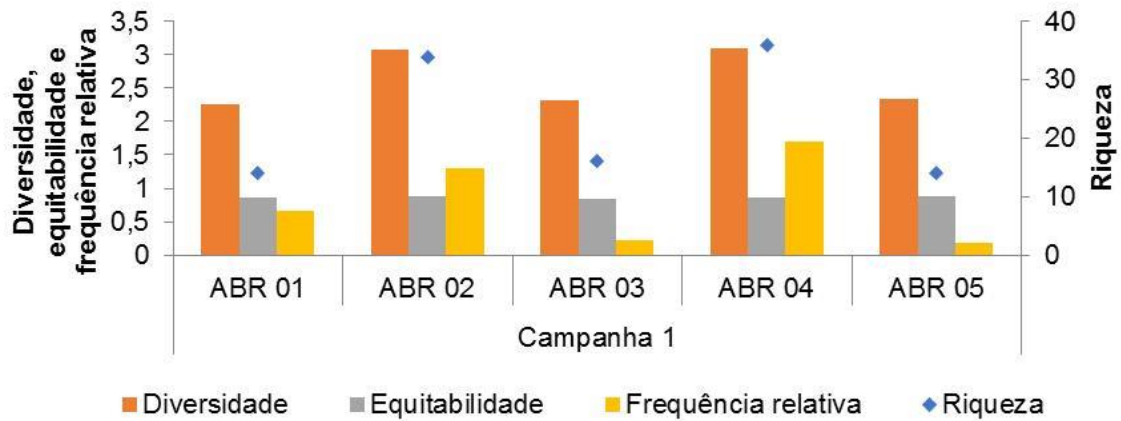
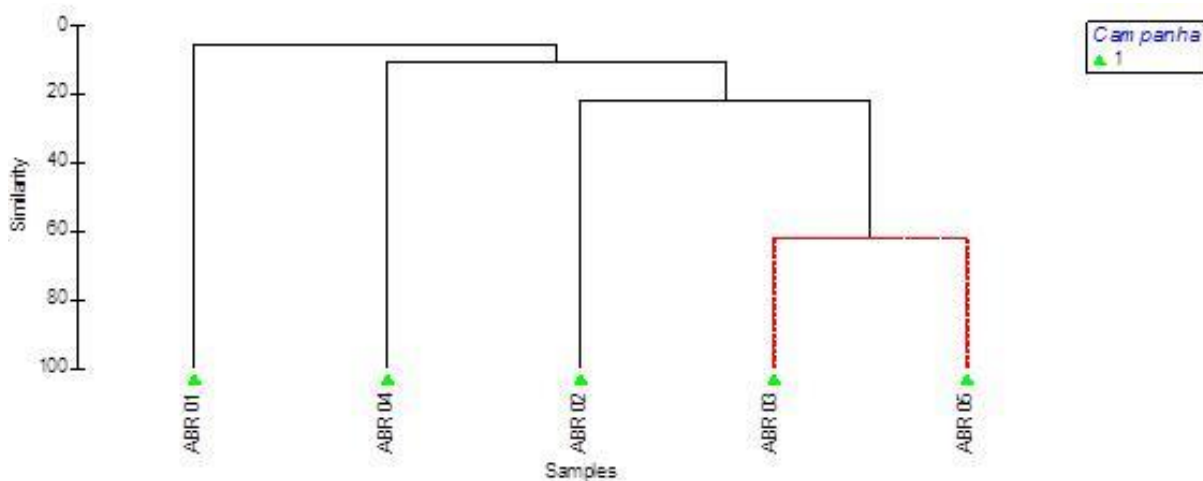


Figura 38: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa dos moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Abrolhos (campanha 1). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupo significantes.



2.1.7.12 Setor Norte – conchas

No Setor Norte, no ponto DEG 02 foram observados os maiores valores de frequência relativa (3,87 e 3,33, campanhas 1 e 4), o maior valor de riqueza foi observado no ponto BN 01, campanha 4 (30) (Figura 39). A análise de agrupamento evidenciou seis grupos principais (Figura 40). O grupo 1 é formado pelo ponto ITA 02 (campanha 1), grupo 2 pelo ponto BN 01 (duas campanhas), grupo 3 pelo ponto DEG 02 (duas campanhas), grupo 4 pelo ponto ITA 01 (campanha 4), grupo 5 pelo ponto DEG 01 (duas campanhas) e o grupo 6 pelos pontos BN 02 (duas campanhas) e ITA 01 (campanha 4). *Nucula brasiliana* contribuiu mais para similaridade do grupo 1 (63%), *Caecum ryssotitum* (19%) e *C. brasilicum* (15%) do grupo 2, *C. cymella* (26%) e *Saccella acuta* (25%) do grupo 3 e *C. cymella* (35%) e *Abra lioica* (18%) do grupo 6 (SIMPER). O grupo 1 se separou dos demais devido a maior abundância de *Crassinella* sp. e o grupo 4 devido às espécies *Glycymeris tellinaeformis* e *Amphissa* sp.

Figura 39: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor Norte.

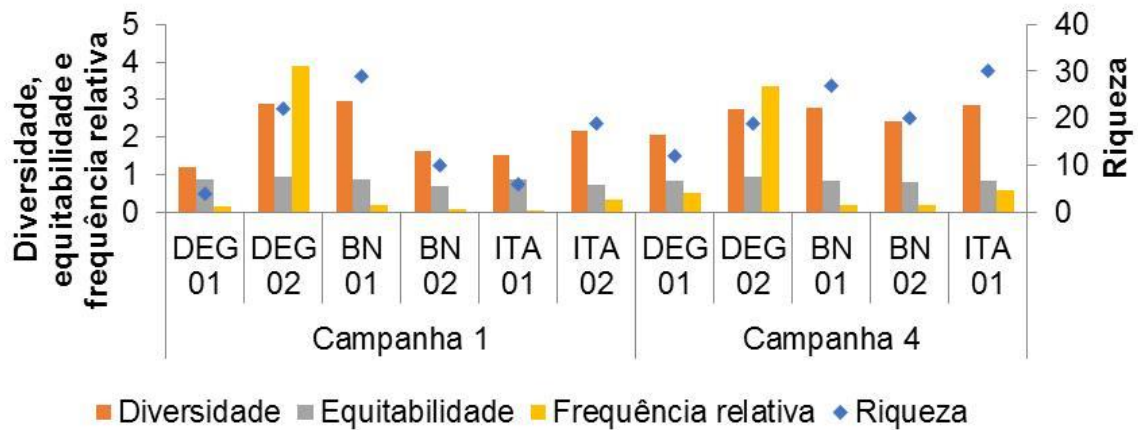
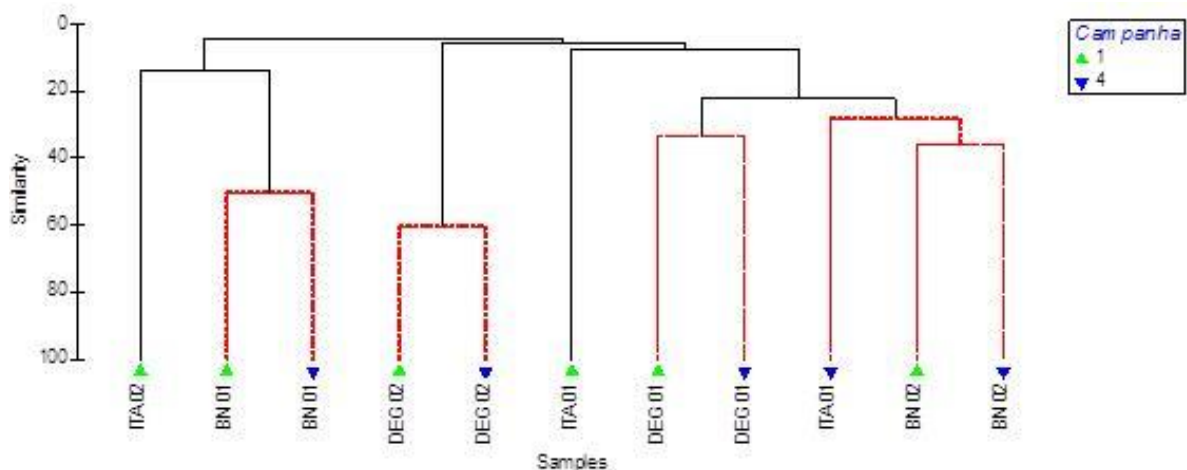


Figura 40: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa das conchas de moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Norte (Campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).



2.1.7.13 Setor Foz – (Foz Norte, Foz Central e Foz Sul) – conchas

Considerando somente os pontos do Setor Foz, o maior valor de frequência relativa (6,9 ind./ml) de conchas de moluscos foi no ponto SDN 13, e o maior valor de riqueza (36) e diversidade (3,1) foi no ponto SD 04 (Figura 41). A análise de agrupamento evidenciou a formação de cinco grupos (SIMPROF) (Figura 42). Grupo 1 com as amostras dos pontos SDN 30, SDS 30, SD 03 e SDS 13, grupo 2 com o ponto SDN 13, grupo 3 com o ponto SDN 20, grupo 4 com os pontos SD 02 e SDS 20 e grupo 5 com pontos SD 01 e SD 04. As espécies que mais contribuíram para o grupo 1 foram *Nucula brasiliiana* (54%) e *Semelina nuculoides* (21%), para o grupo 4 foram *Abra lioica* (58%) e *C. cymella* (41%), no grupo 5 a espécie *Crassinella lunulata* contribuiu com 100% de similaridade (SIMPER). O grupo 2 ficou separado dos demais devido a maior abundância de *C. cymella* e o grupo 3 devido a maior abundância de *Tectonatica pusilla*.

Figura 41: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor Foz (SDN, SD, SDS), campanha 1.

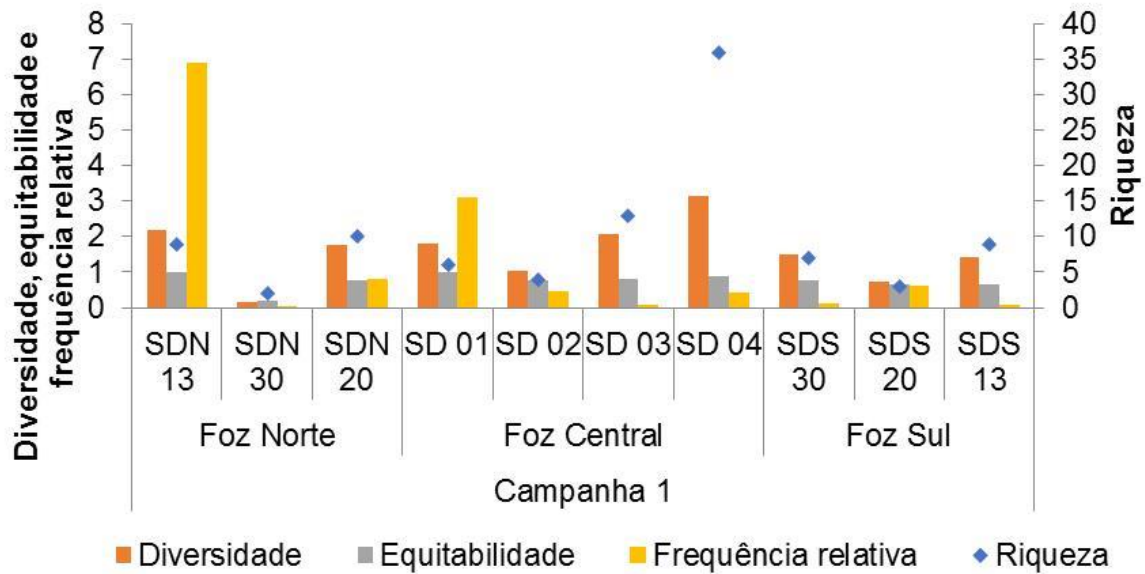
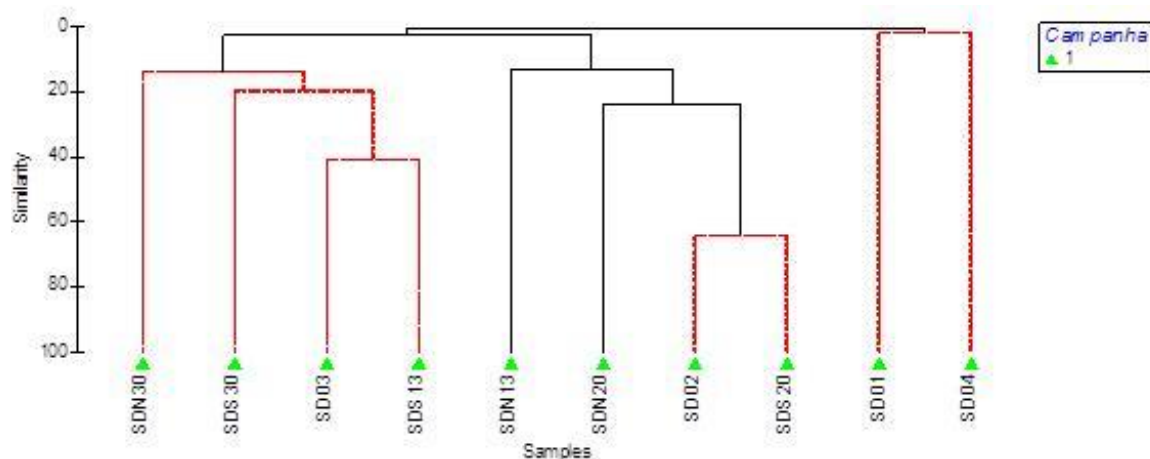


Figura 42: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa das conchas de moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Foz (SDN, SD, SDS), campanha 1. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



2.1.7.14 Setor APA/RVS – conchas

Entre os pontos do Setor APA/RVS, CA 06 (primeira campanha) apresentou os maiores valores de riqueza (79), diversidade (4,1) e frequência relativa (3,6 ind./ ml) de conchas de moluscos (Figura 43). Na análise de agrupamento houve a formação de 8 grupos (SIMPROF) (Figura 44). O grupo 1 reuniu o ponto CA 15 nas duas campanhas, grupo 2 os pontos CA 01 (duas campanhas), CA 08 (campanha 4) e CA 02 (campanha 1), grupo 3 os pontos CA 05 e CA 13 (duas campanhas) e CA 08 (primeira campanha). O grupo 4 separou apenas o ponto CA 06 (campanha 1) e o grupo 5 o ponto CA 03 (campanha 4). O grupo 6 agrupou os pontos CA 02 (quarta campanha) e CA 10 (duas campanhas), o grupo 7 os pontos CA 04 (campanha 1) e CA 14 (campanha 4) e o grupo 8 reuniu os demais pontos. O táxon Mytilidae morfotipo 1 foi responsável pela similaridade do grupo 1 (100%). *Semelina nuculoides*

(27%) e *Crassinella* sp. (17%) contribuíram mais para a similaridade do grupo 2, *Pyrrunculus* sp. (20%) e *Crassinella marplatensis* (16%) para o grupo 3, *Anadara notabilis* (31%) e *C. lunulata* (14%) para o grupo 6. *Cardites micellus* foi a espécie que contribuiu mais para o grupo 7, com 57% e para o grupo 8 com 38%.

Figura 43: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor APA/RVS (CA), campanhas 1 e 4.

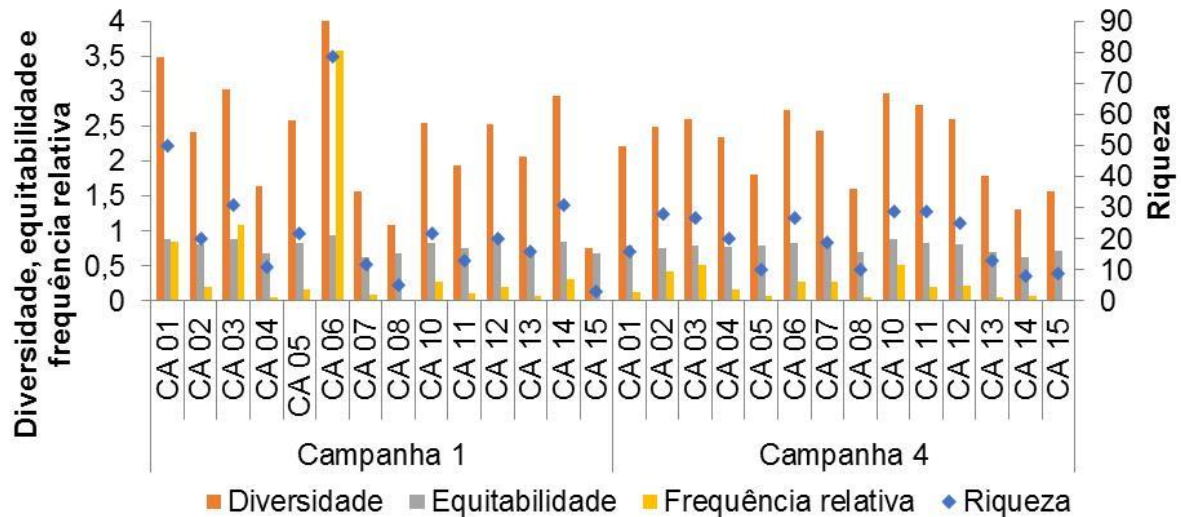
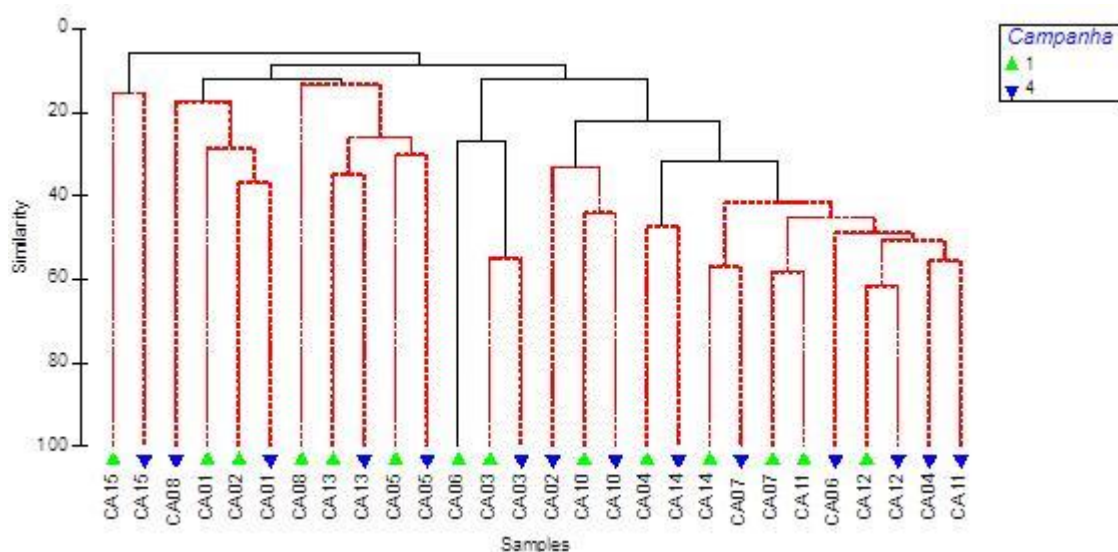


Figura 44: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa das conchas de moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor APA/RVS (CA) (campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.



2.1.7.15 Setor sul - conchas

Na região Sul, o ponto VIX 02 apresentou os maiores valores de riqueza (27 e 24) e diversidade (2,7 e 2,5) de conchas de moluscos nas duas campanhas (Figura 45). A análise de agrupamento e o teste

SIMPROF não indicou formação de grupos (Figura 46). As espécies *C. ryssotitum* (29%) e *C. micellus* (25%) foram mais representativas para o Setor (SIMPER).

Figura 45: Diversidade, equitabilidade, riqueza e frequência relativa de conchas de moluscos no Setor Sul, campanhas 1 e 4 (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).

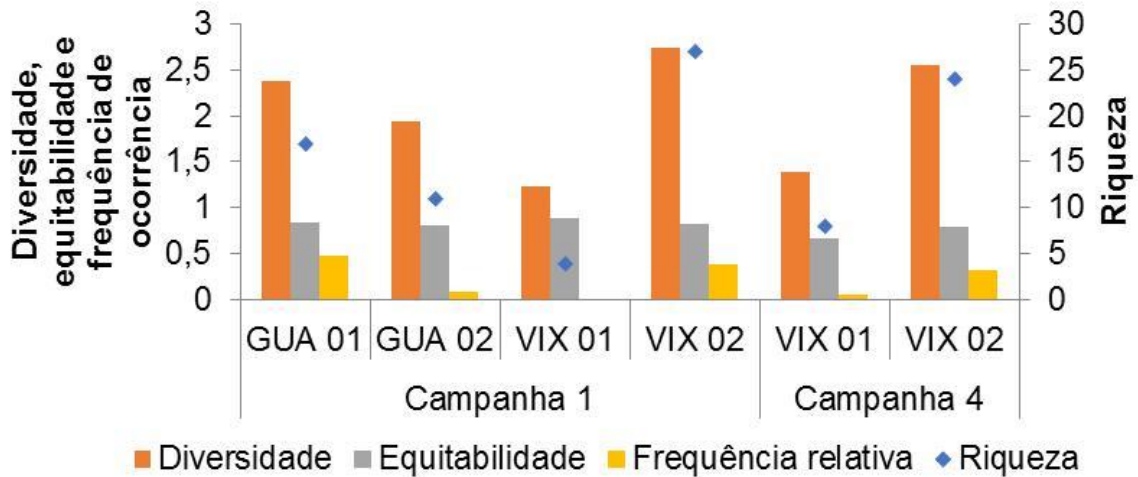
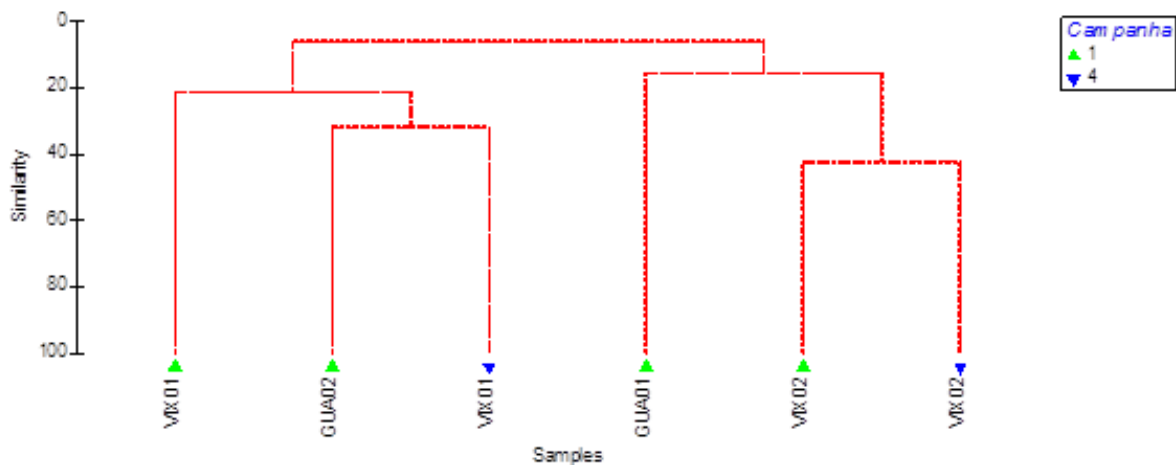


Figura 46: Análise de agrupamento com os dados de frequência relativa das conchas de moluscos utilizando o índice de Bray-Curtis, pontos do Setor Sul (campanhas 1 e 4). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).

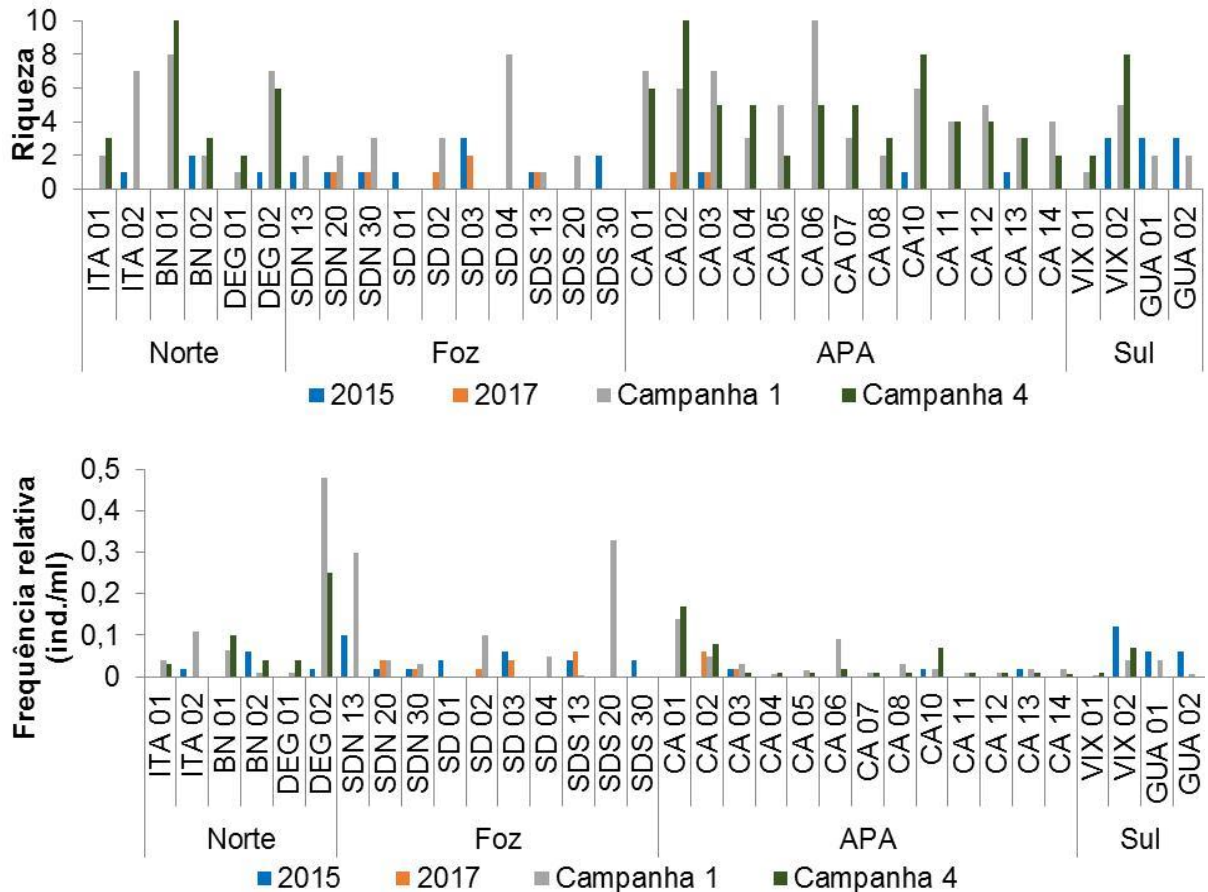


2.1.7.16 Comparação com dados pretéritos – moluscos completos

Comparando os dados de moluscos completos das campanhas 1 e 4 com os dados dos pontos correspondentes do monitoramento na área da plataforma continental do Rio Doce antes da chegada dos rejeitos (2015) e após a chegada dos rejeitos (2017), verifica-se maiores valores de riqueza e frequência relativa no monitoramento anterior a chegada dos rejeitos nos pontos SD 01, SD 03 e SDS 30 do Setor Foz e nos pontos GUA 01 e GUA 02 do Setor Sul (Figura 47). Nos pontos SD 01 e SDS 30 não obtiveram indivíduos completos nos monitoramentos seguintes e no ponto SD 03 registrou duas espécies no monitoramento de 2017 e não ocorreu nenhum indivíduo na campanha 1. Em relação à

ocorrência de espécies, a espécie *Antalis cerata*, da Classe Scaphopoda, ocorreu no ponto SDN 20 em 2015 e não ocorreu nos monitoramentos seguintes.

Figura 47: Comparação entre os valores de riqueza e frequência relativa de moluscos completos nos monitoramentos anteriores (2015 e 2017) e nas primeira (2018) e quarta campanhas (2019).



2.1.7.17 Discussão das Análises dos Grupos de Mollusca

A Classe Bivalvia apresentou o maior valor de frequência relativa e de riqueza de moluscos completos, seguida de Gastropoda e Polyplacophora. Os Scaphopoda foram representados por um único indivíduo com parte mole, ocorrido em Abrolhos. Rocha e Martins (1998) e Gonçalves e Lana (1991) também encontraram maior valor de riqueza para os bivalves na plataforma continental das regiões nordeste e sudeste do Brasil, respectivamente. Silva, (2014) estudando essa região, encontrou a maior abundância de bivalves, e maior riqueza de gastrópodes.. Esse resultado foi semelhante para a composição de conchas vazias no presente estudo, com maior frequência relativa de bivalves, e maior riqueza de gastrópodes.

A variação dos invertebrados bentônicos tem sido relacionada com a profundidade e características dos sedimentos (Soares- Gomes e Pires- Vanin, 2003). No presente estudo, a maioria dos pontos com fundo de rodolito formou grupos diferenciados. As espécies mais representativas, nesses ambientes, foram os bivalves Mytilidae morfotipo 1 e *Lamychaena hians*, que tem o hábito escavador. Fundo de

rodolito apresenta alta heterogeneidade estrutural, proporcionando diversos micro-habitats (Metri, 2006) e, portanto, fauna diferenciada em relação aos fundos com sedimento.

Em relação à profundidade, observou-se menores valores dos índices ecológicos, em locais intermediários, enquanto que os mais profundos apresentaram maiores valores de diversidade e equitabilidade, e os rasos, a maior riqueza e frequência de ocorrência, no entanto, é necessário analisar com todas as amostras para concluir qual a relação desses indicadores com a profundidade. O revolvimento do sedimento do fundo tende a ser menor em locais mais profundos, indicando um gradiente de estabilidade ambiental com a profundidade (Absalão, 1991; Pires-Vanin, 1993), assim, em ambientes mais rasos, a sedimentação juntamente com a maior influência continental pode permitir a proliferação de espécies mais oportunistas elevando a dominância e reduzindo a diversidade (Soares Gomes; Pires-Vanin, 2003).

Considerando os valores médios dos indicadores ecológicos dos moluscos completos, o Setor Abrolhos apresentou os maiores valores e o Setor Foz apresentou os menores valores. Foi observada a ausência de indivíduos completos somente em três pontos, sendo esses pertencentes ao Setor Foz (SD 01, SD 03 e SDS 30). Essa variação nos valores dos indicadores ecológicos pode estar relacionada a distúrbios no ambiente.

Em geral, a espécie mais abundante entre os moluscos completos foi *Nucula brasiliana*, correspondendo a 16% da frequência relativa total, seguida de *Caryocorbula cymella* com 14%. Espécies dos gêneros *Corbula* e *Nucula* são predominantes em ambientes com maior teor de silte e argila e matéria orgânica particulada (Gonçalves e Lana, 1991). No entanto, observando somente o Setor Foz, *C. cymella* apresentou a maior abundância, correspondendo a 46%. O gênero *Corbula* é citado na literatura como tolerante a distúrbios naturais e antrópicos (HRS Brenko, 2006).

Houve correlação positiva entre os valores de frequência relativa de animais completos e conchas, com maiores valores de conchas do que de animais completos. A maioria das espécies mais abundantes de moluscos com parte mole apresentou também maior abundância de conchas vazias, exceto *Crassinella marplatensis*, *Gouldia cerina* e *Warrana besnardi* que estiveram entre as espécies mais abundantes de moluscos completos e apresentaram abundâncias inferiores a 1% de conchas vazias e, *Tellina* sp., também uma das mais abundantes mas não houve ocorrência de concha vazia. Os gastrópodes *Alvania auberiana*, *Finella dubia* e o escafópode *Gadila dominguensis* estavam entre as espécies mais abundantes de conchas vazias, no entanto não houve ocorrência dessas espécies com parte mole.

O Setor Foz foi caracterizado pelo maior valor de frequência relativa de conchas vazias de Mollusca, e pelo menor valor de moluscos completos, bem como, menores valores de diversidade e riqueza de conchas. Neste aspecto, a alta representatividade de moluscos mortos (concha vazia) em comparação com os moluscos completos pode evidenciar alterações de origem antrópica na comunidade bentônica, podendo ser uma ferramenta importante na avaliação ambiental (Kidwell, 2007). A integração dos dados entre comunidades de moluscos completos e conchas pode contribuir para o entendimento da

variação natural dos ecossistemas bentônicos e de alterações ambientais ao longo do tempo (Dietl et al. 2016).

Comparando os moluscos completos dessas campanhas com dados pretéritos (2015 e 2017), houve uma maior representatividade de riqueza e frequência, em três pontos do Setor Foz, antes da chegada dos rejeitos (2015), e um desaparecimento desses organismos, nesses pontos, após o rompimento da barragem. Essa observação pode indicar o não reestabelecimento dessas comunidades de moluscos após o impacto. Nos demais pontos ocorreram maiores valores de riqueza nas campanhas do atual monitoramento do que nos anos de 2015 e 2017.

Dados prévios da comunidade moluscos indicam discordância entre valores de animais completos e conchas, principalmente no Setor Foz, e menores valores dos indicadores ecológicos para esse Setor.

2.1.8 Grupos Taxonômicos Específicos - Subfilo Crustacea

Para o Subfilo Crustacea foi registrada uma frequência relativa de 49,247 e a presença em todas as estações amostrais. Considerando as campanhas, não houve ocorrência em quatro pontos (GUA 01, GUA 02, CA 01 e CA 08) da campanha 1, no CA 01 da campanha 4, enquanto na sete estiveram presentes em todos os pontos coletados e na 10 não ocorreram em três estações (SDN13; SD01; SD03) . De modo geral, a maior frequência relativa foi registrada na campanha 7 (FR= 20,19), seguida da campanha 1 (FR=11,20), campanha 10 (FR=9,858) e a 4 com FR= 8,030.

Comparando os dados amostrais por setores (S. Abrolhos; S. Norte, S. Foz, S. Costa das Algas; S. Sul) em cada campanha, foi obtida uma maior frequência relativa nos pontos da Foz (FR 28,973), principalmente da campanha 7 (14,650) (Figura 48). Na análise de classificação (índice de Similaridade Bray-Curtis) observou-se um nítido agrupamento entre as regiões Norte, Abrolhos e Costa das Algas (Figura 49) devida à similaridade entre a frequência relativa dos crustáceos nessas regiões que foi de 2,75, 2,55 e 4,44, respectivamente.

Figura 48: Frequência relativa dos crustáceos em cada setor amostrado, nas diferentes campanhas (1, 4, 7, 10), durante o período de estudo referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado (S. Abrolhos=Setor Abrolhos; S. Norte=Setor Norte; S. Foz= Setor Foz; S. C. Algas= Setor Costas das Algas; S. Sul= Setor Sul).

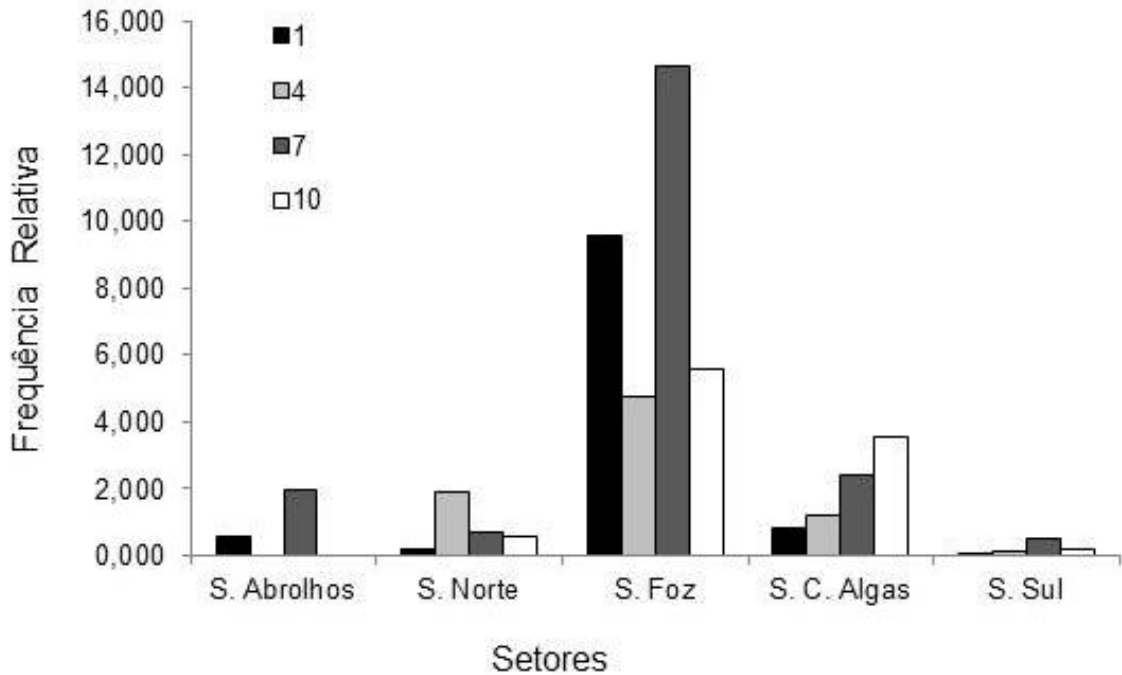
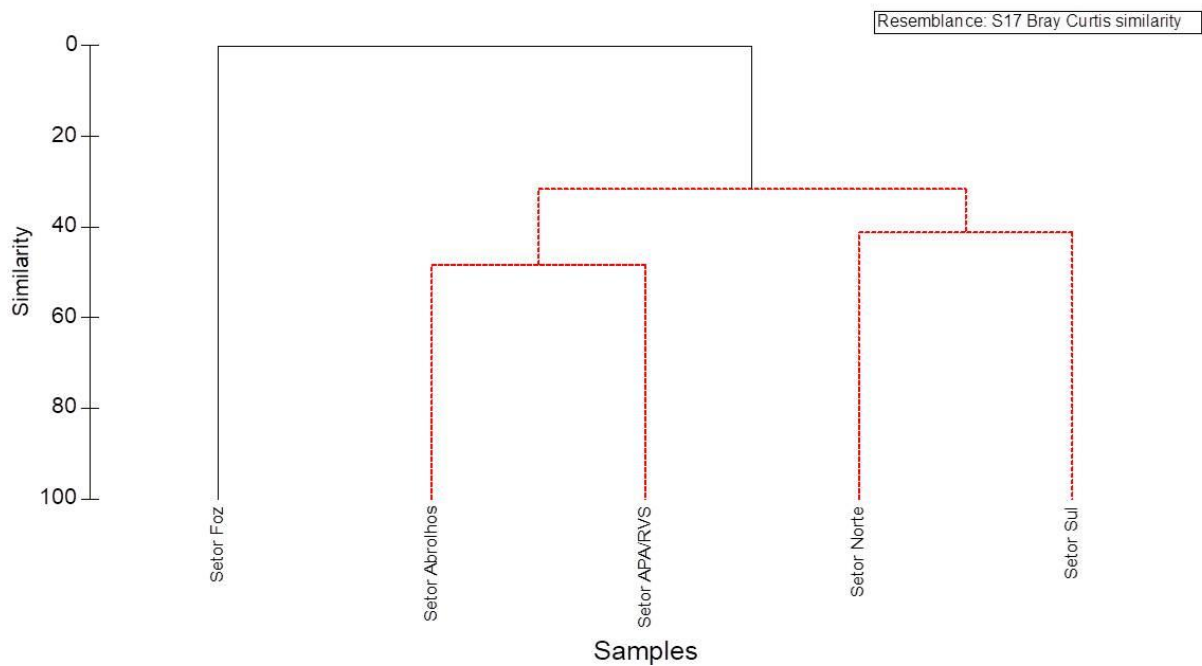


Figura 49: Análise de classificação, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, mostrando o agrupamento entre os setores amostrados, durante o período de estudo referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado (S. Abrolhos=Setor Abrolhos; S. Norte=Setor Norte; S. Foz= Setor Foz; S. C. Algas= Setor Costas das Algas; S. Sul= Setor Sul). Linhas pretas indicam agrupamentos significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.



Para as estações amostrais observou-se uma alta frequência relativa no ponto SD 01 (13,44), seguido de SD 05 (10,607) (Figura 50). Entre as campanhas, por ponto, foi registrada a menor frequência

relativa no BN 02 (FR=0,03, 0,01 e 0,03) compreendendo, respectivamente as campanhas 1 (Figura 51), 4 (Figura 52) e 7 (Figura 53) e no SD 13 (FR=0,01) da 4 (Figura 52) e ITA 01 da campanha 10 (Figura 54). Enquanto as maiores frequências relativas foram anotadas para os pontos SD 05 (FR = 3,92 e 1,72) das campanhas 1 (Figura 51) e 4 (Figura 52) e 10 (Figura 54) e SD 01 (FR = 10,22) da campanha 7 (Figura 53). Com relação aos valores de Riqueza S, o Setor de Abrolhos foi o mais representativo (9), seguido dos da porção Norte, Foz e Sul (8), enquanto a Área de Proteção Ambiental Costa das Algas apresentou o menor valor (7).

Figura 50: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado, obtidos durante o período de estudos (1 - setembro e outubro/2018, 4- Janeiro/2019 e 7- Abril/2019; GUA= Guarapari; VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN;SD;SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas; ABR= Abrolhos).

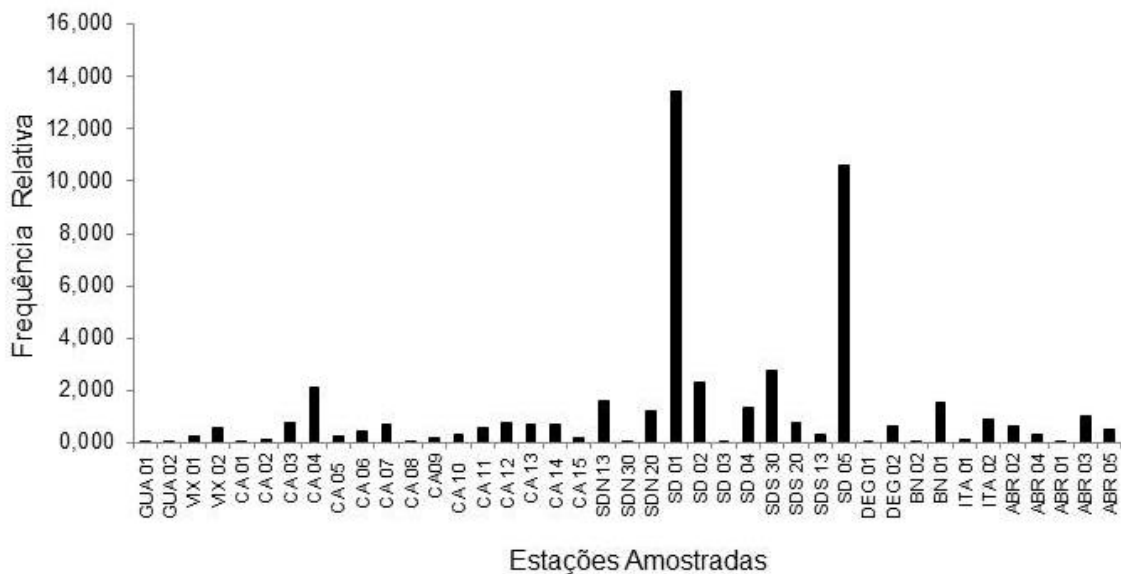


Figura 51: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente a campanha 1 do Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado. (GUA= Guarapari; VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN; SD; SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas; ABR= Abrolhos).

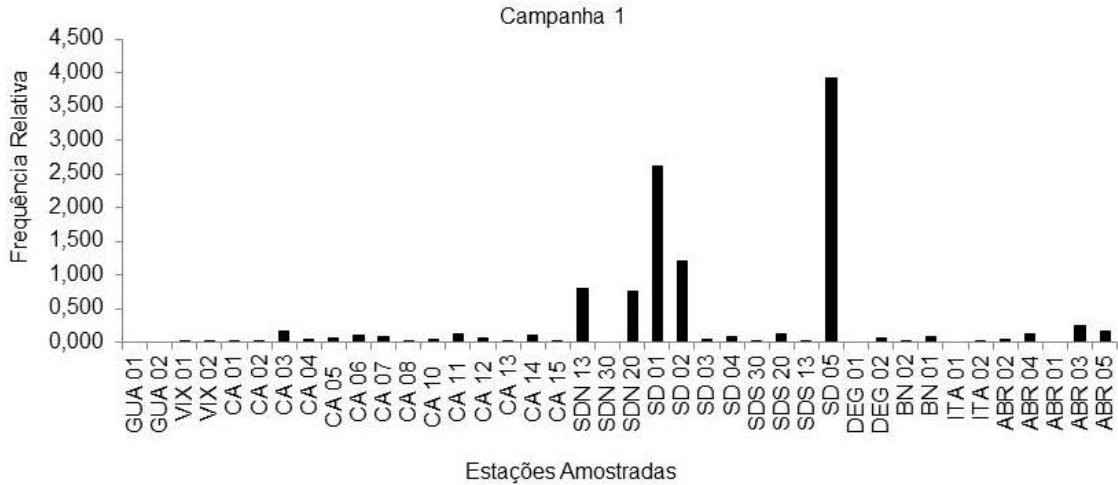


Figura 52: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente a campanha 4 do Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado. (GUA= Guarapari; VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN; SD; SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas; ABR= Abrolhos).

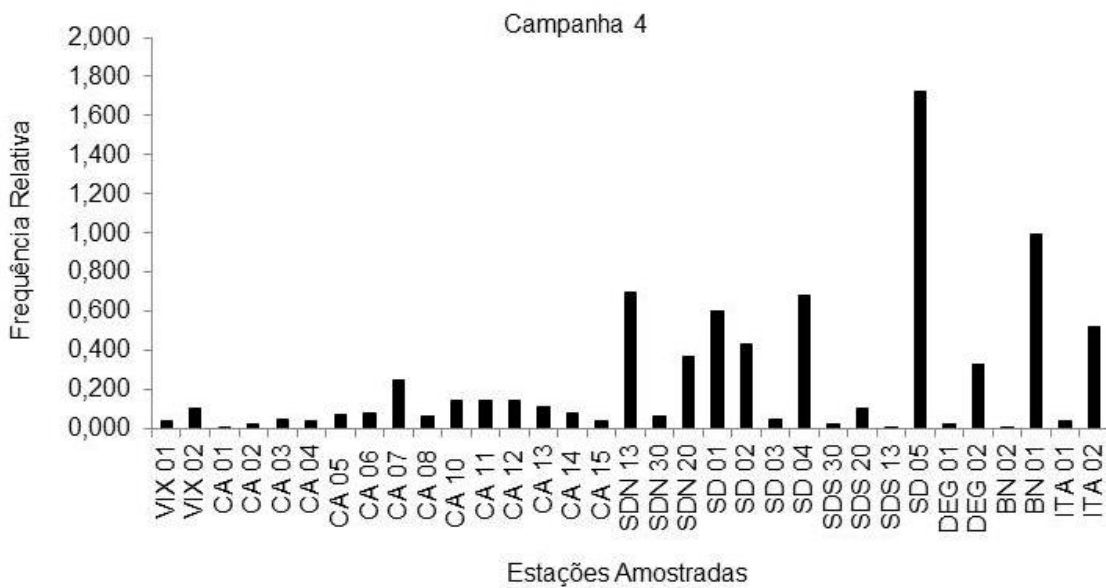


Figura 53: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente a campanha 7 do Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado. (GUA= Guarapari; VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN; SD; SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas; ABR= Abrolhos).

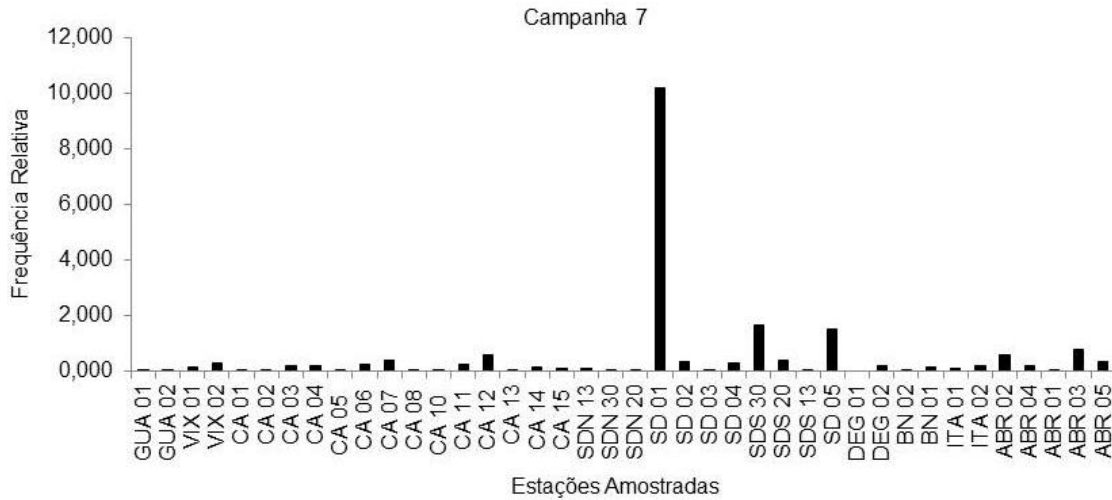
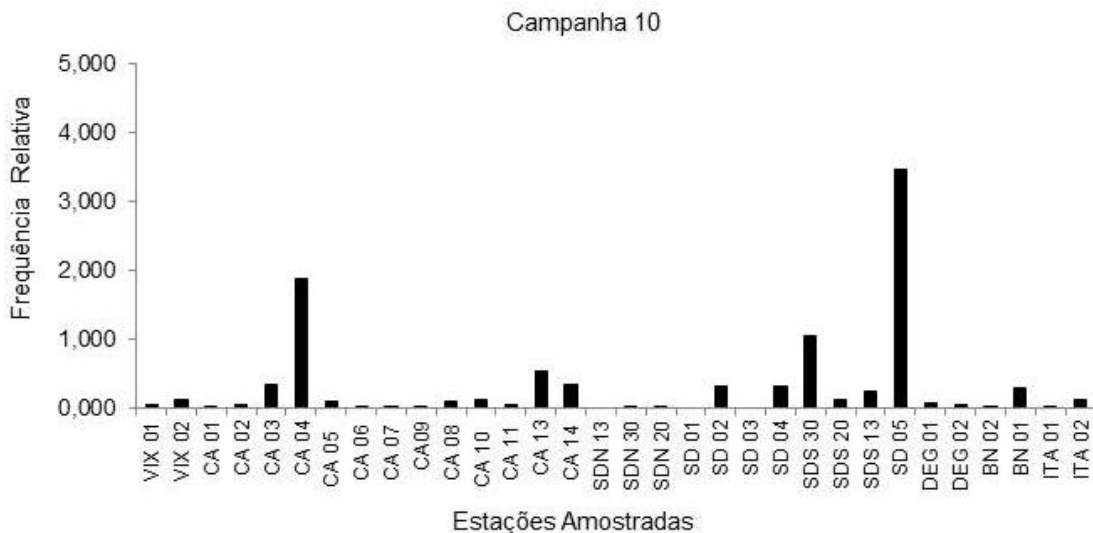


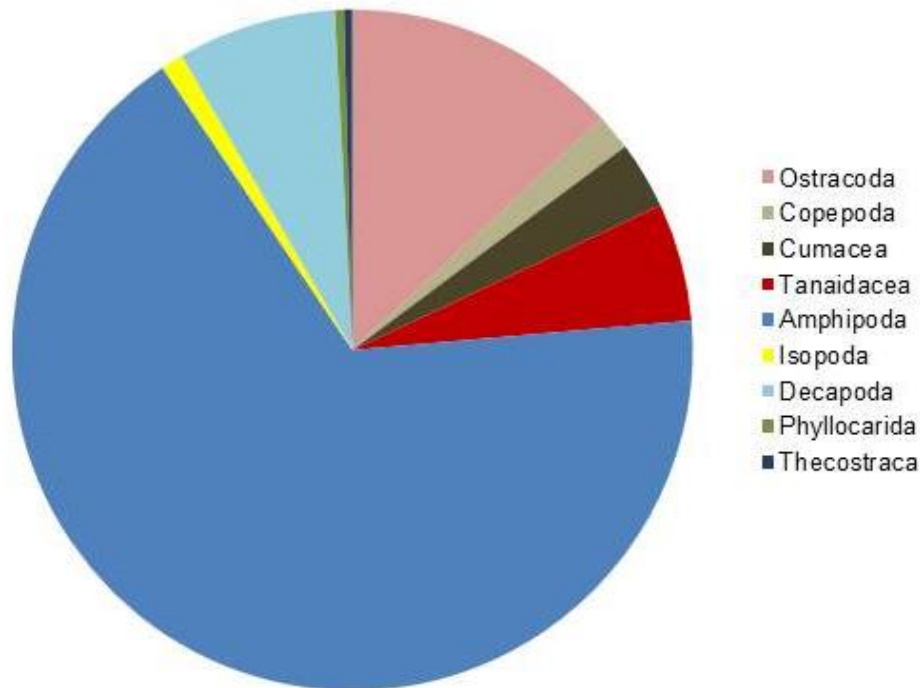
Figura 54: Distribuição de frequência relativa (FR) dos crustáceos por estações amostrais, referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado, obtidos durante o período de estudos (VIX= Vitória; CA= Costa das Algas; SDN;SD;SDS= Foz do Rio Doce; DEG=Degredo; BN= Barra Nova= ITA= Itaúnas).



Do total de Crustacea coletado foram identificados 56,13%, distribuídos em cinco grupos taxonômicos (Classe, Subclasse, Ordem, Infraordem, Família), distribuídos em três Classes (Ostracoda, Maxillopoda, Malacostraca), quatro Subclasses (Copepoda, Thecostraca, Phyllocarida, Eumalacostraca) seis Ordens (Amphipoda, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda, Stomatopoda e Decapoda) e cinco Infraordens (Penaeidea, Caridea, Gabiidea, Anomura e Brachyura). Os Amphipoda

(FR=18,512) foram os mais representativos, seguidos de Ostracoda (FR=3,619), Tanaidacea (FR=1,551) e Decapoda (2,089) (Figura 55). Até o momento, para os Amphipoda foram identificadas dezesseis famílias, sendo quatro as mais representativas: Phoxocephalidae (FR=9,016); Chevaliidae (FR= 3,265); Ampeliscidae (FR=0,767) e Aoridae (FR=0,212).

Figura 55: Frequência relativa dos Crustacea amostrados durante o período de estudo referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado.



Para as análises de índices ecológicos foram considerados os menores grupos identificados, compreendendo: Ostracoda, Copepoda, Thecostraca, Phyllocarida, Amphipoda, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda e Decapoda. As infraordens de Decapoda foram agrupadas, devida a baixa representatividade. Para essa análise foram retirados os pontos da Foz (SDN13, 30, 20; SD01, 02, 03, 04, 05; SDS 30, 20, 13) da campanha quatro e campanha sete, uma vez que estão em processo de identificação, e o ponto CA 09, já que não foram amostrados nas campanhas 1 e 4.

O resultado da análise de cluster, utilizando o índice de Bray-Curtis e o teste Simper, resultou na formação de dois grupos, sendo o 1º com 31,15% de similaridade (Cumacea, Decapoda, Phyllocarida, Isopoda) devida a baixa frequência relativa, e o segundo agruparam os táxons com maiores frequência (Copepoda, Ostracoda, Amphipoda e Tanaidacea) resultando em 24,50% de similaridade (Figura 56). Para a análise de classificação dos grupos taxonômicos, entre as campanhas, observou-se a formação de cinco agrupamentos: 1º) reuniu Cumacea, Phyllocarida da primeira campanha e Copepoda da quarta (17,42% de similaridade); 2º) agrupou Thecostraca e Cumacea (21,31%) das campanhas 1 e 7, respectivamente; 3º) com 20,06% de similaridade foi composto por Isopoda (campanha 1), Cumacea (4) e os Decapoda das três campanhas; 4º) com 24,12% de similaridade reuniu os táxons mais

representativos das campanhas analisadas (Ostracoda, Tanaidacea e Amphipoda); 5º) obtendo 24,41% (Simper), agrupou Phyllocarida e Isopoda das campanhas 4 e 7 e Copepoda (1 e 7) (Figura 57).

Figura 56: Dendrograma da análise de classificação referente aos táxons de Crustacea, utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.

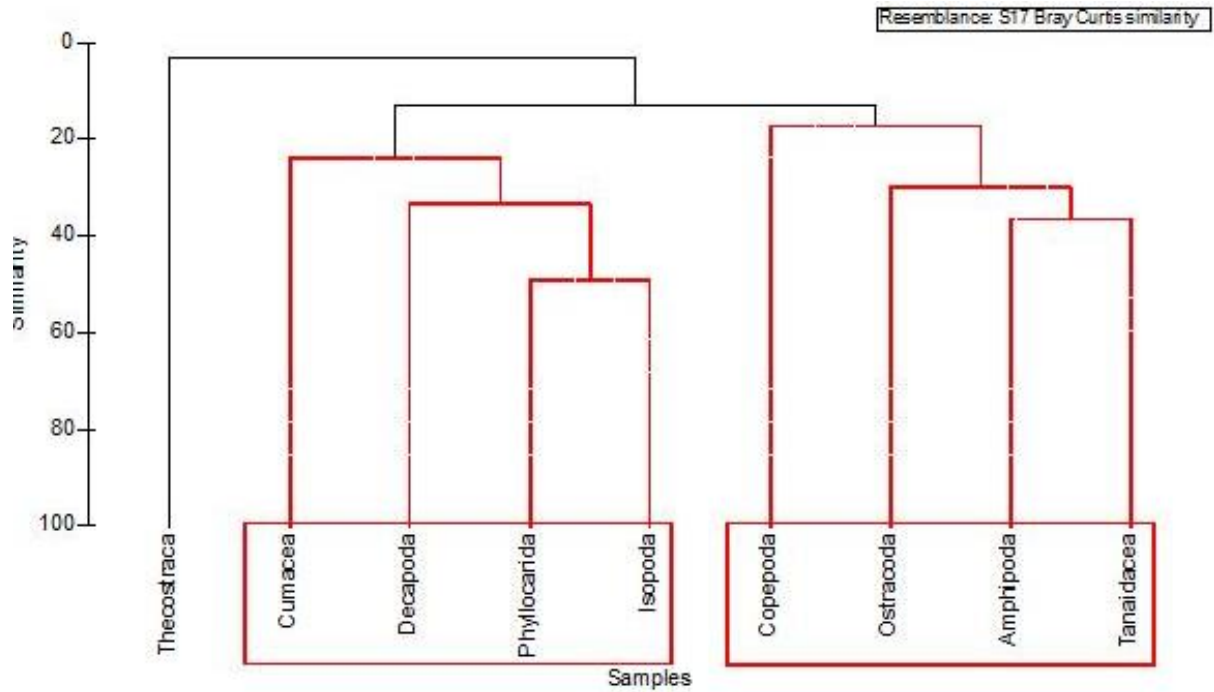
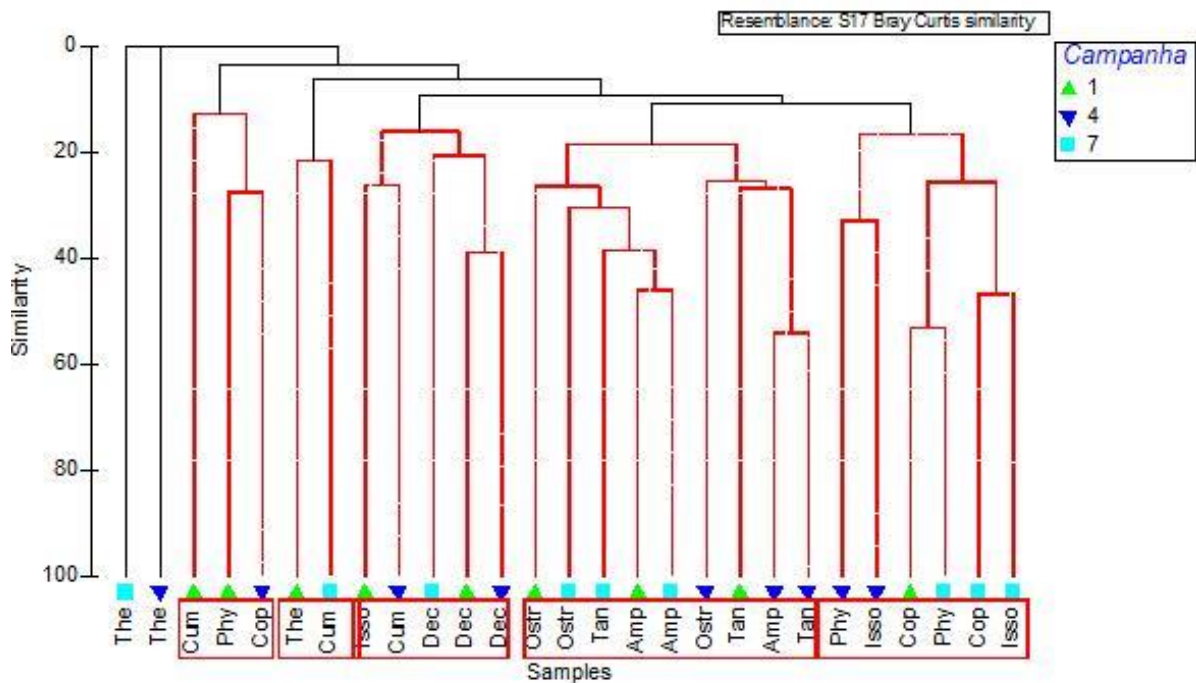


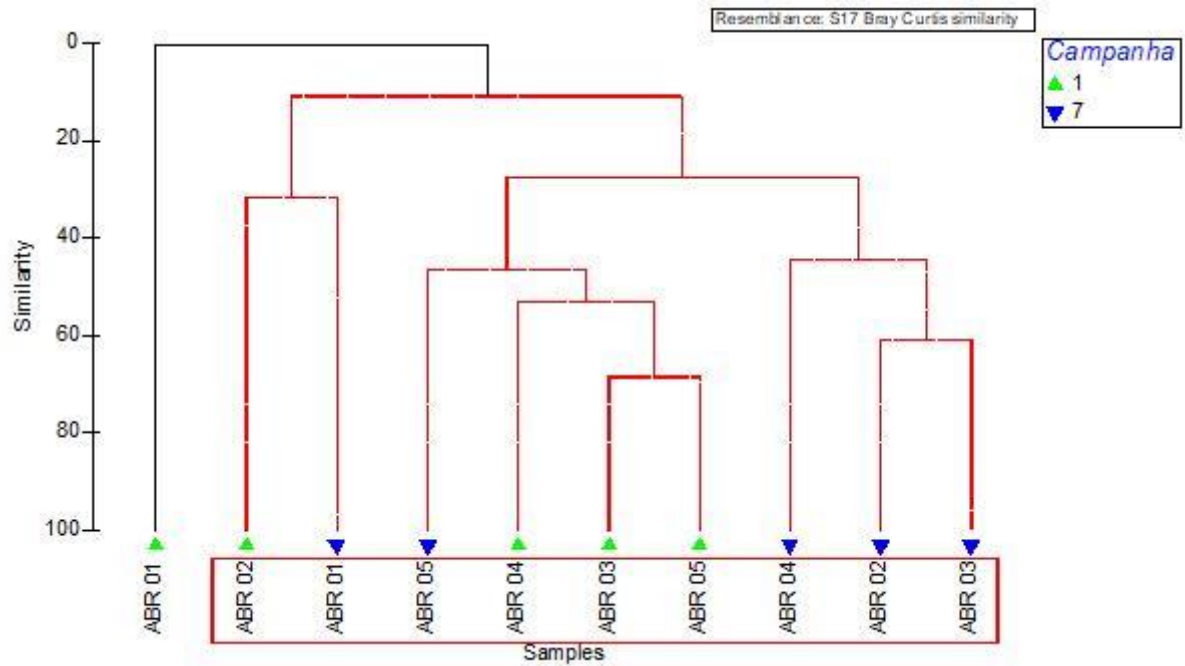
Figura 57: Dendograma da análise de classificação, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, mostrando a agrupamento entre os táxons de Crustacea, em cada campanha amostrada (1= campanha 1; 4= campanha 4 e 7= campanha 7; The= Thecostraca; Cum= Cumacea; Phy= Phyllocarida; Cop= Copepoda; Isso= Isopoda; Ostr= Ostracoda; Tan= Tanaidacea; Amp= Amphipoda; Dec= Decapoda). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.



2.1.8.1 Setor Abrolhos – Crustacea

No Parque Nacional Marinho de Abrolhos foi registrada uma frequência relativa de 2,55, distribuída entre as campanhas e estações amostradas. Os dados da análise de cluster (Bray Curtis) entre os pontos e campanhas amostrais, utilizando o teste de Simprof, resultaram na formação de um grupo com 27,16% de similaridade (Figura 58).

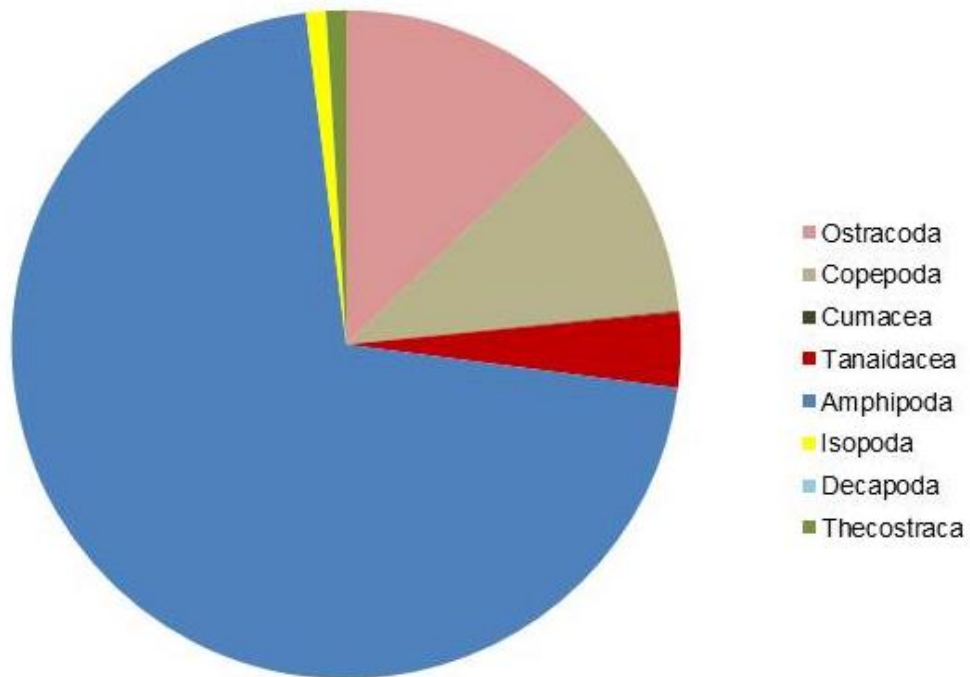
Figura 58: Dendrograma da análise de classificação entre as estações amostradas no Parque Nacional Marinho de Abrolhos, utilizando o Índice de Similaridade de Bray- Curtis, com base nos dados de frequência relativa dos organismos nas amostras (ABR= Abrolhos). Linhas pretas indicam agrupamentos significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.



- Táxons de Crustacea identificados

Dentre o valor total de frequência obtida no setor Abrolhos, 1,381 foi identificado em oito táxons de Crustacea, dos quais Amphipoda foi o mais comum (FR=0,960), seguido de Ostracoda (FR= 0,174) (Figura 59).

Figura 59: Frequência relativa dos Crustacea amostrados em Abrolhos durante o período amostrado.



Dos cinco pontos amostrados no Parque Nacional Marinho de Abrolhos, o ABR 04 foi o mais representativo (FR= 0,172). Os valores de Riqueza S variaram de um (ABR 01) a sete (ABR 03) (Figura 60). Com relação aos índices ecológicos observou-se uma diversidade de 1,745 no ABR 02, enquanto que a alta dominância (0,349) esteve no ABR 03 e a maior equitabilidade (0,974) no AB 05 (Figura 61).

Figura 60: Riqueza S e Frequência relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas em Abrolhos (ABR) durante o período estudado.

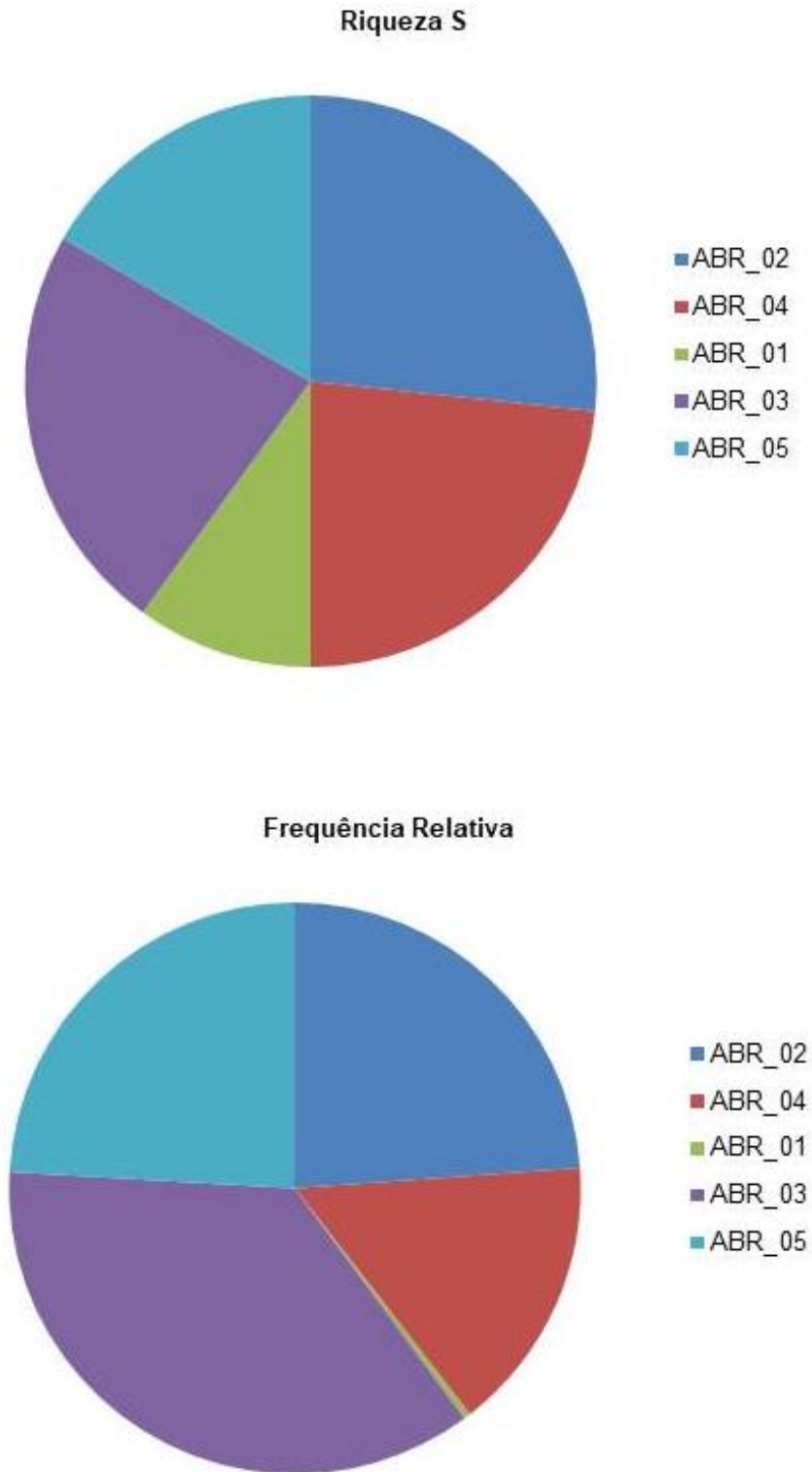
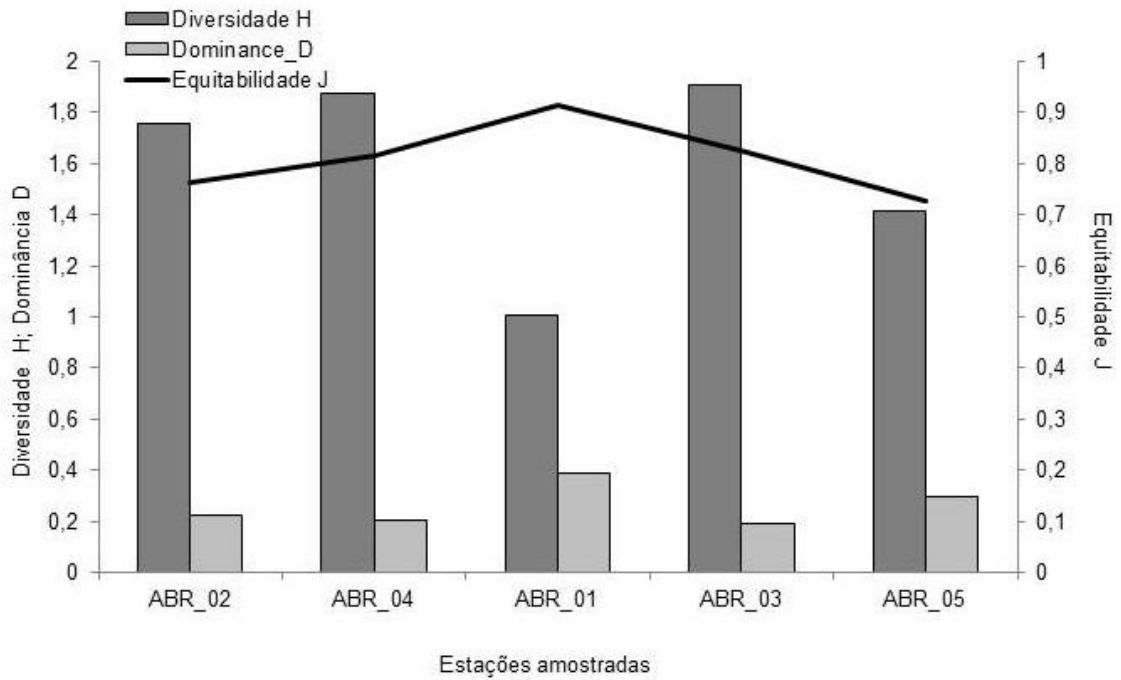


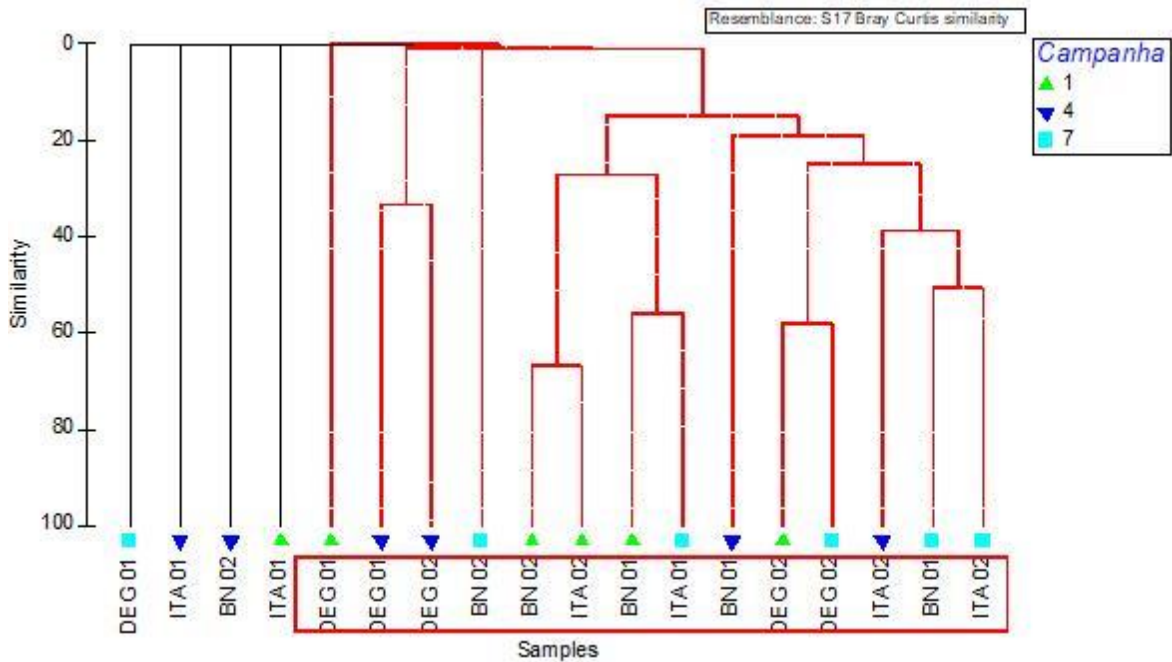
Figura 61: Análise de índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas no setor de Abrolhos (ABR).



2.1.8.2 Setor Norte – Crustacea

Para o setor Norte foram amostradas 3,316 de frequência relativa de Crustacea. Quando analisado a similaridade das estações referente a porção Norte (Bray Curtis) foi possível verificar, por meio do teste de Simprof, a formação de um grupo com 13,82% de similaridade (Simper) (Figura 62).

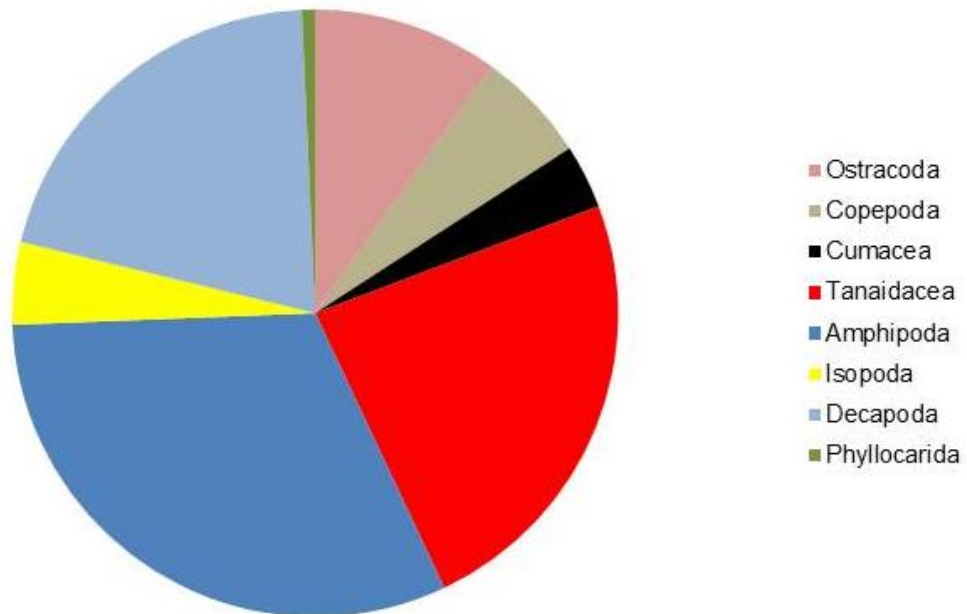
Figura 62: Dendrograma da análise de classificação entre as estações amostradas no Setor Norte, utilizando o Índice de Similaridade de Bray- Curtis, com base nos dados de frequência relativa dos organismos nas amostras (DEG= Degredos; ITA= Itaunas; BN= Barra Nova). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



- Táxons de Crustacea identificados

Dentre os nove táxons de Crustacea identificados, oito foram obtidos na região Norte, apresentando uma frequência relativa de 1,847, representada principalmente por Amphipoda (FR=0,580) e Tanaidacea (FR= 0,438) (Figura 63).

Figura 63: Frequência relativa dos Crustacea amostrados no Setor Norte durante o período estudado.



Quando comparada a frequência relativa, entre as campanhas estudadas no Setor Norte, verificou a maior ocorrência nas estações DEG 02 (0,559) e ITA 02 (0,556) (Figura 64). Para a Riqueza S registrou uma variação de quatro (DEG 01) a dezoito (BN 01) (Figura 64), enquanto que para diversidade de Shannon H foi de 1,258 (DEG 01) a 2,577 (BN 01), de dominância foi de 0,3496 (ITA 01), enquanto que a maior equitabilidade foi ITA 02 (0,665) (Figura 65).

Figura 64: Riqueza S e Frequência relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas no Setor Norte, durante o período estudado (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).

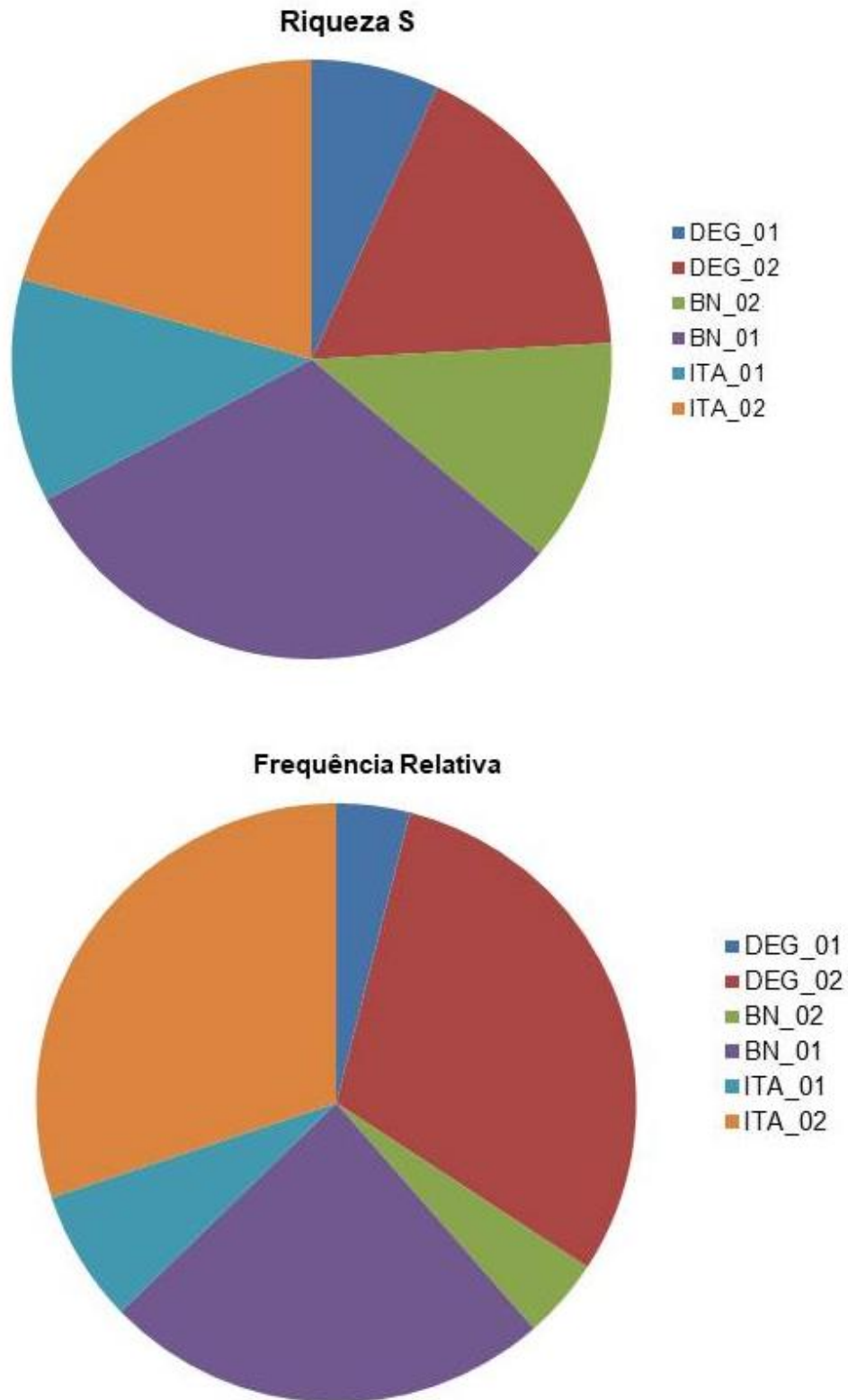
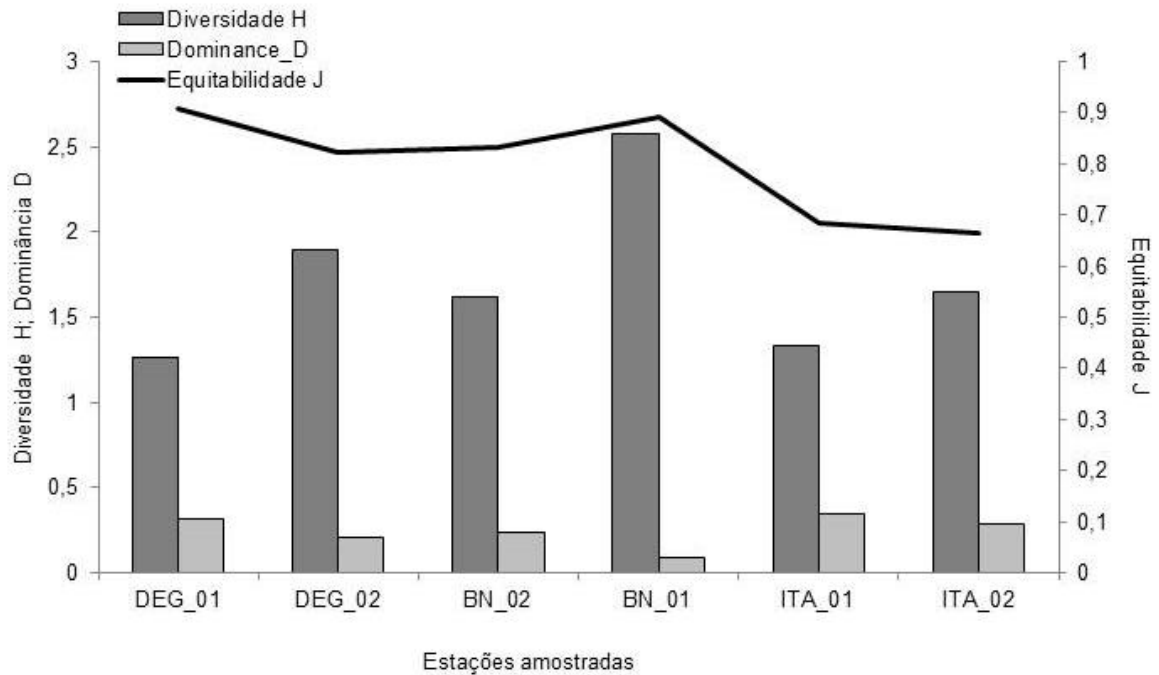


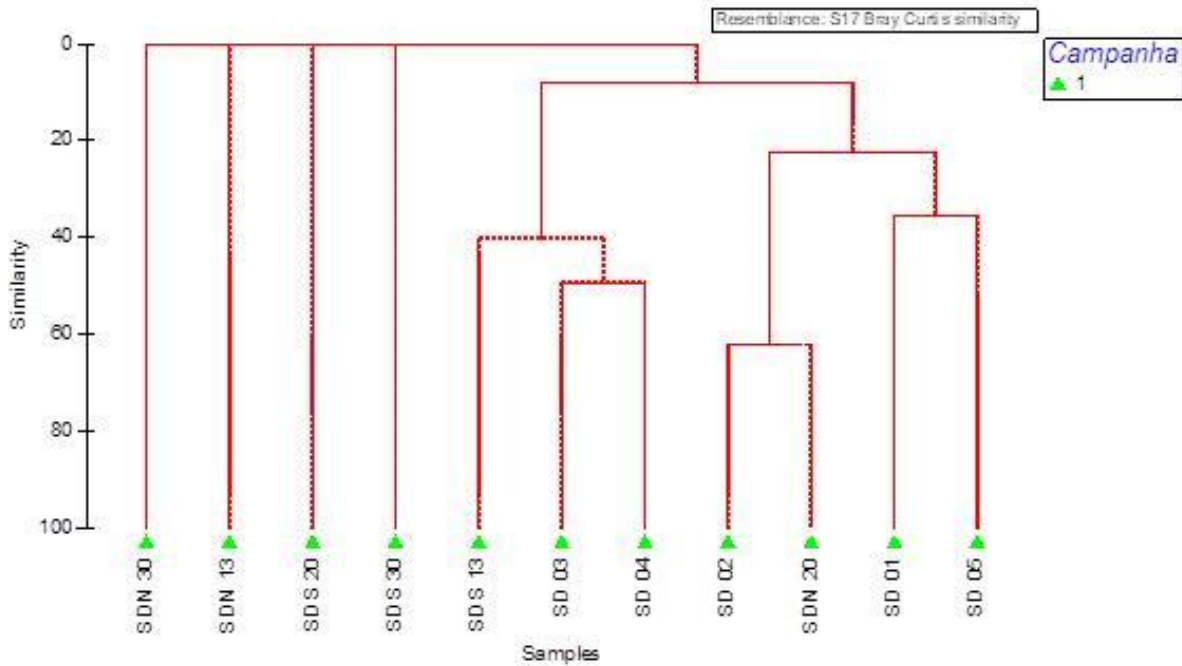
Figura 65: Análise de índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas no setor Norte (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).



2.1.8.3 Setor Foz – (Foz Norte, Foz Central e Foz Sul) – Crustacea

Dentre os Setores analisados, na região da Foz do Rio Doce foi registrada a maior frequência relativa de Crustacea (FR= 34,527). Os resultados obtidos pela análise de Cluster (índice de Similaridade de Bray Curtis) sucederam na formação de apenas um grupo, entre os pontos amostrados (Simper 8,40%) (Figura 66).

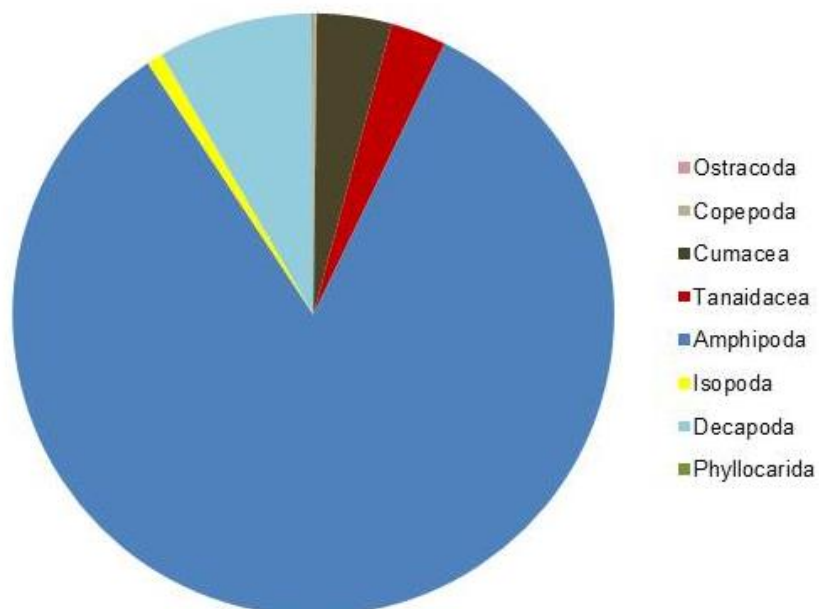
Figura 66: Dendrograma da análise de classificação entre as estações amostradas na Foz do Rio Doce, utilizando o Índice de Similaridade de Bray- Curtis, com base nos dados de frequência relativa dos organismos nas amostras. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos significantes.



- Táxons de Crustacea identificados

Na Região da Foz do Rio Doce foi identificada uma frequência relativa de 18,873 representada principalmente por Amphipoda (15,77) e Decapoda (1,575) (Figura 67).

Figura 67: Frequência relativa dos Crustacea amostrados no Setor da Foz do Rio Doce, referente ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado.



Os valores de Riqueza S variaram de dois (SDN_30) a onze (SD_20), enquanto a frequência relativa foi de 0,019 (SDS_13) a 10,721 (SD 01) (Figura 68). Foi obtida uma diversidade de Shannon H de 0,055 (SDN_30) a 2,016 (SDN_20). A maior dominância registrada no SDS_30 (0,926) influenciou no menor valor de equitabilidade (0,134) (Figura 69).

Figura 68: Riqueza S e Frequência relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas na Foz do Rio Doce (SD; SDS; SDN), durante o período estudado.

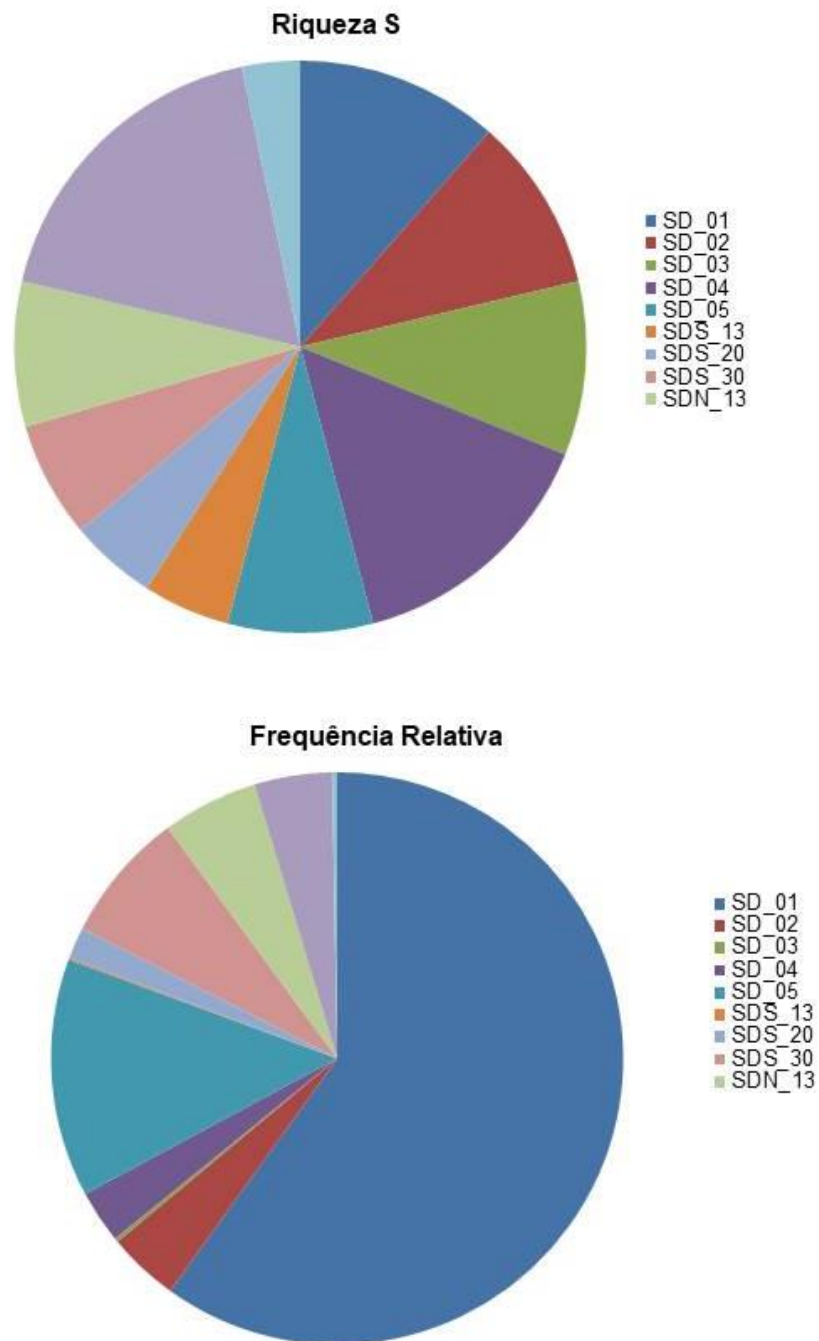
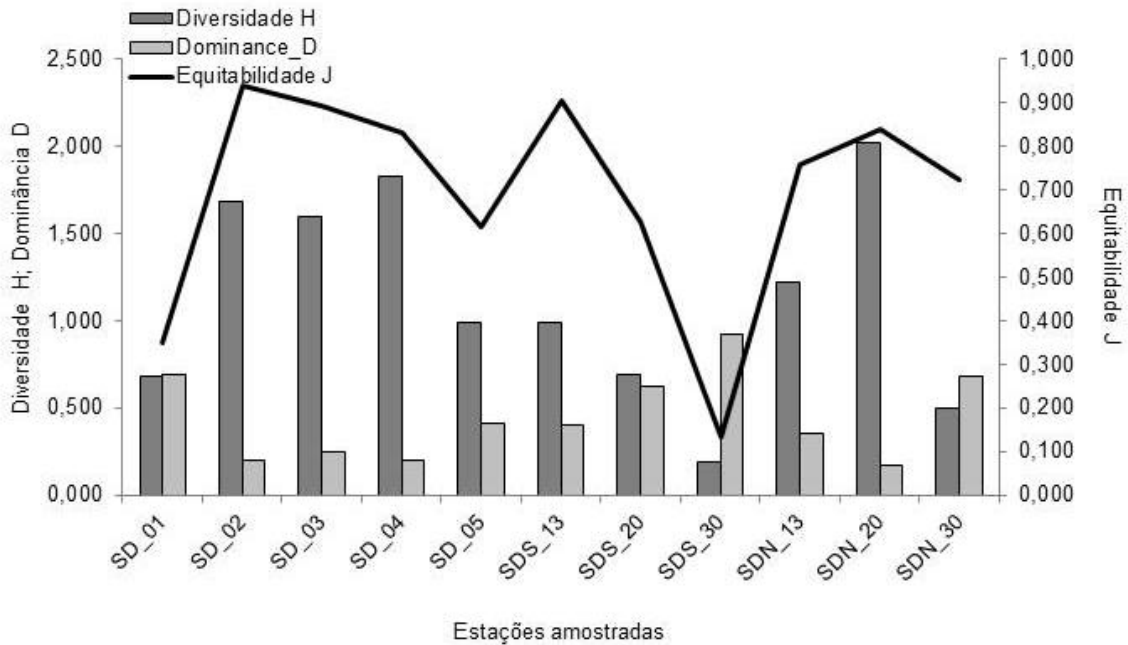


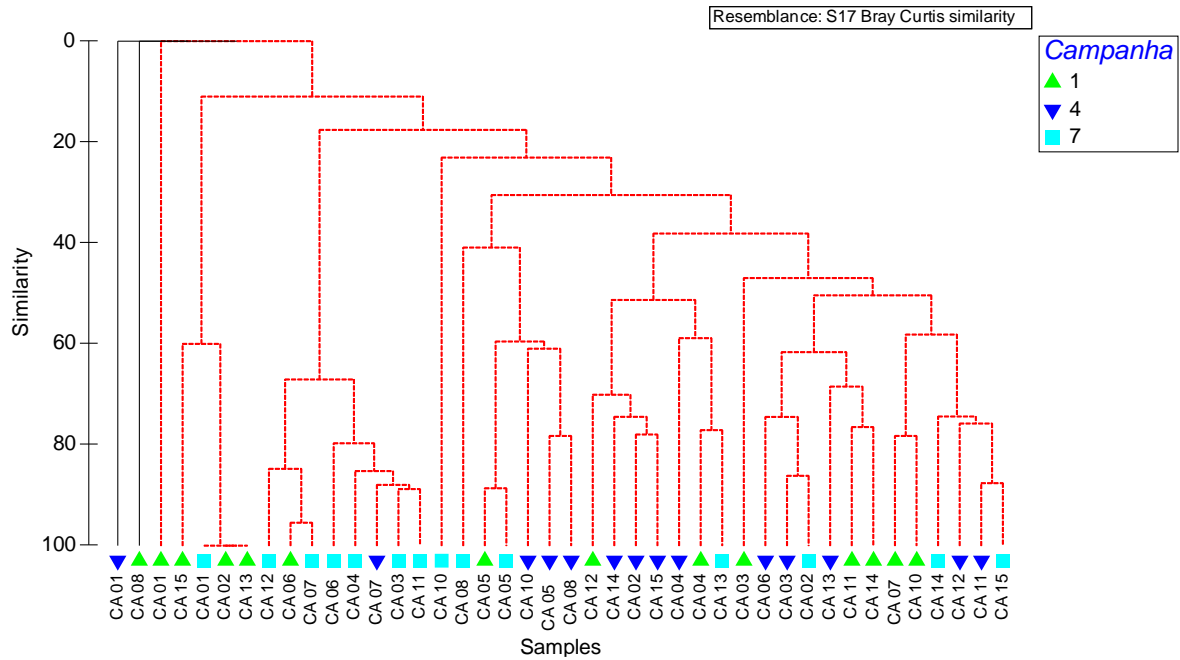
Figura 69: Índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas na Foz do Rio Doce (SD; SDN; SDS) durante o período de estudo.



2.1.8.4 Setor APA/RVS – Crustacea

Nas amostras da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas (APA/RVS) foram registradas 8,00 de frequência relativa. Os valores da análise de classificação, entre os as amostras obtidas neste setor por meio do índice de similaridade de Bray Curtis, indicaram a formação de um grupo com 29,88% de similaridade (teste de Simper) (Figura 70), resultante da ocorrência Amphipoda, Ostracoda e Tanaidacea que contribuiram com 95,6%.

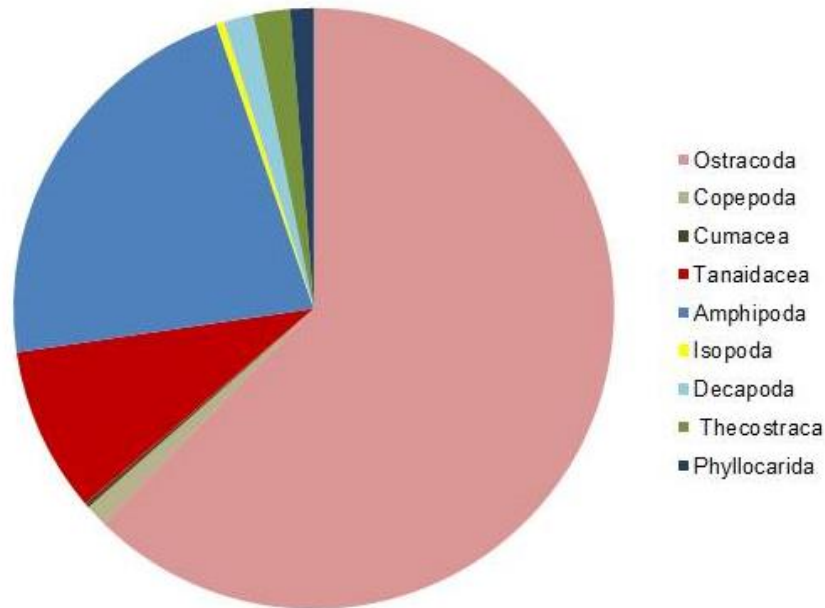
Figura 70: Dendrograma da análise de classificação, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as estações amostrais no Setor Área de Proteção Ambiental Costa das Algas APA/RVS (CA= Costa das Algas). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



- Táxons de Crustacea identificados

Todos os nove táxons identificados de Crustacea estiveram presentes na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, com uma frequência relativa de 5,0302, representado principalmente por Ostracoda (3,1354) e Amphipoda (1,111) (Figura 71).

Figura 71: Frequência relativa dos Crustacea amostrados Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, durante o período amostrado.



Comparando os valores entre as campanhas amostradas, registrou uma variação, para frequência relativa, entre 0,015 (CA 01) a 0,680 (CA 06) e 0.667 (CA13) (Figura 72). A maior Riqueza S (15) foi registrada no CA 11 (Figura 72). Já os maiores valores de Diversidade de Shannon H (2,101) e a dominância (0,133) estiveram no CA 05 (Figura 73). A equitabilidade próxima de um (0,961) observada no CA 01 mostra a homogeneidade dos dados entre os táxons (Figura 73).

Figura 72: Riqueza S e Frequência Relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas no Setor APA RVS (CA), durante o período estudado.

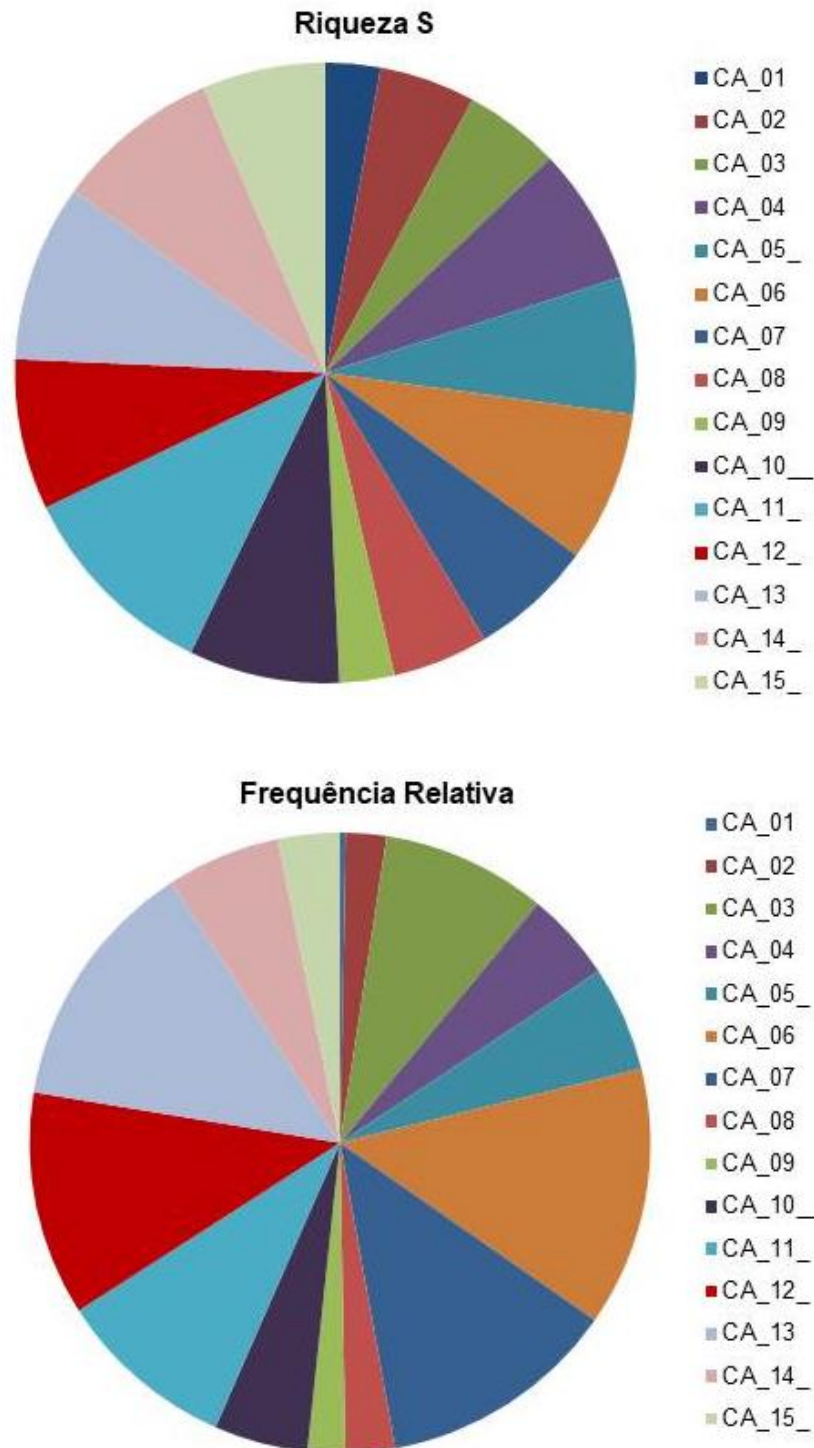
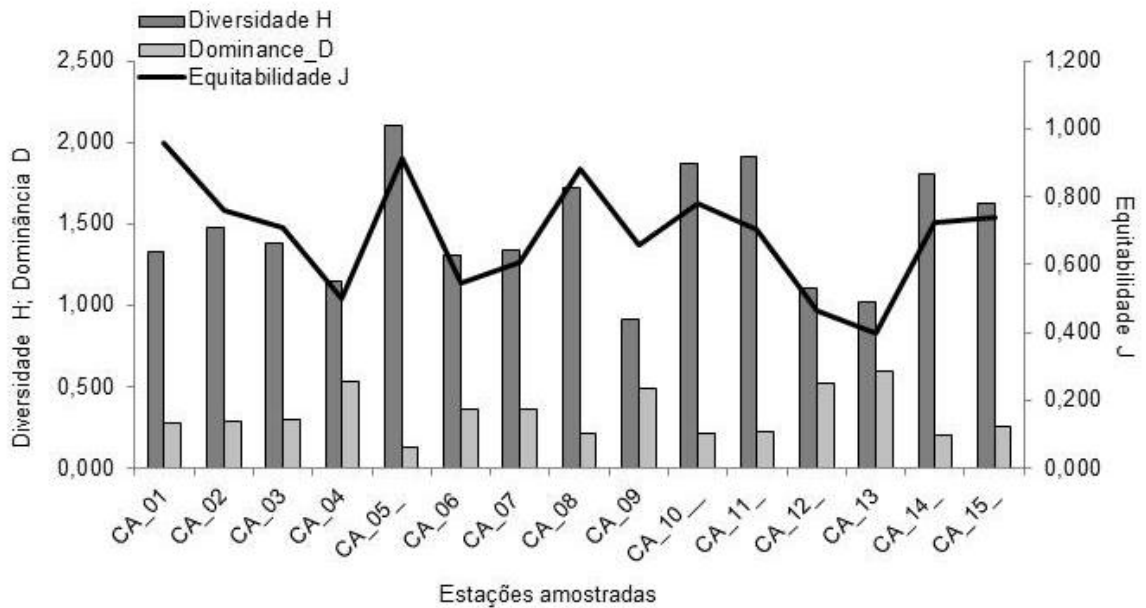


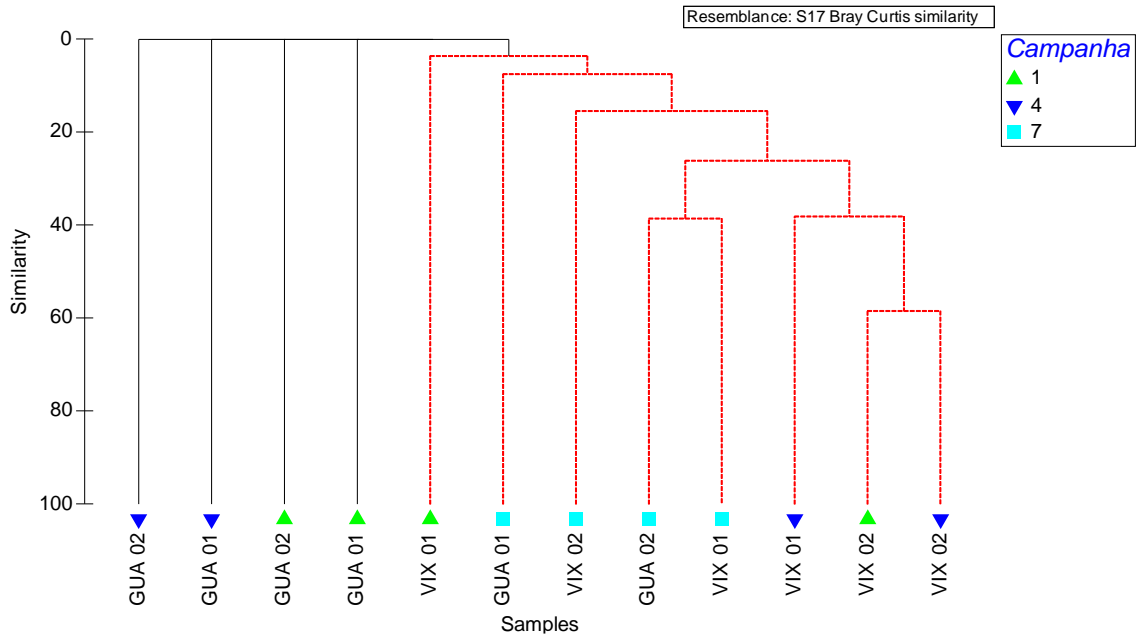
Figura 73: Análise de índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas APA/RVS (CA= Costa das Algas).



2.1.8.5 Setor Sul – Crustacea

Para a porção Sul, compreendendo a Baía de Vitória e de Guarapari foi registrada uma baixa frequência relativa (0,859) de Crustacea, e a formação de um grupo obtido por meio da análise de similaridade (Bray Curtis), que reuniram os pontos da campanha 7 (GUA 01 e 02; VIX 01 e 02) e as amostras de Vitória da campanha 4 (Figura 74) com uma similaridade de 17,03% (Simper), principalmente devida a contribuição de 60,86% dos táxons Amphipoda e Ostracoda.

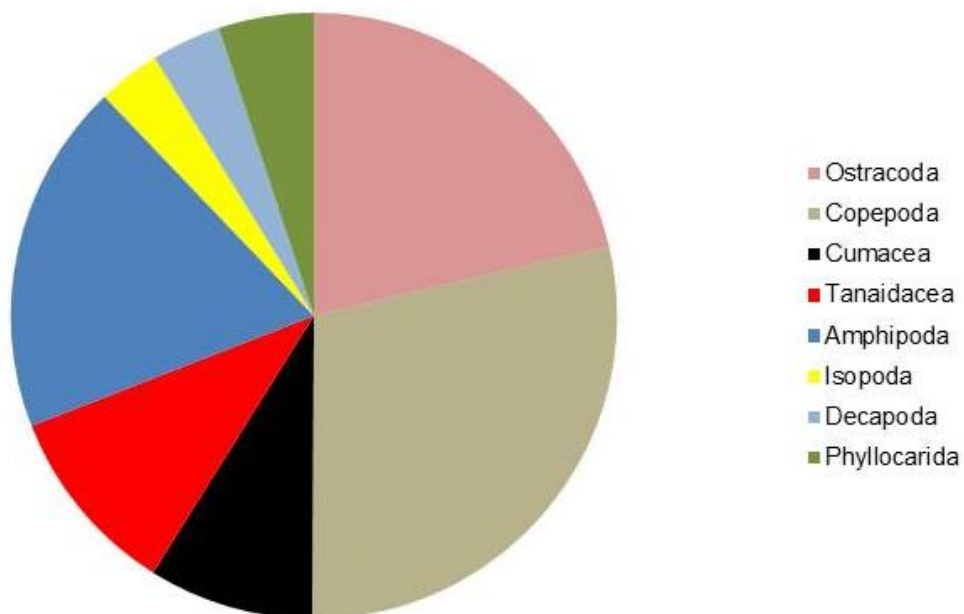
Figura 74: Dendrograma da análise de classificação, utilizando o índice de similaridade de Bray Curtis, mostrando a similaridade entre as estações amostrais no Setor Sul (GUA= Guarapari; VIX= Vitória). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



- Táxons de Crustacea identificados

Para Setor Sul foi registrado oito táxon de Crustacea (exceto Thecostraca) que totalizaram em uma frequência relativa de 0,511, contribuído, maiormente por Ostracoda (FR= 0,109) e Copepoda (FR= 0,147) (Figura 75).

Figura 75: Frequência relativa dos Crustacea amostrados no Setor Sul durante o período amostrado.



Os maiores valores de frequência relativa e de Riqueza S foram registrados na campanha VIX 02 (0,274 e 18, respectivamente) (Figura 76). Para os dados obtidos no índice de diversidade verificou que o ponto VIX 02 apresentou o maior valor de diversidade (2,382) e a menor dominância (0,1218), enquanto que a maior equitabilidade (0,9452) esteve no GUA 02 (Figura 77).

Figura 76: Riqueza S e Frequência relativa dos Crustacea entre as campanhas amostradas no Setor Sul, durante o período estudado (GUA = Guarapari; VIX= Vitória).

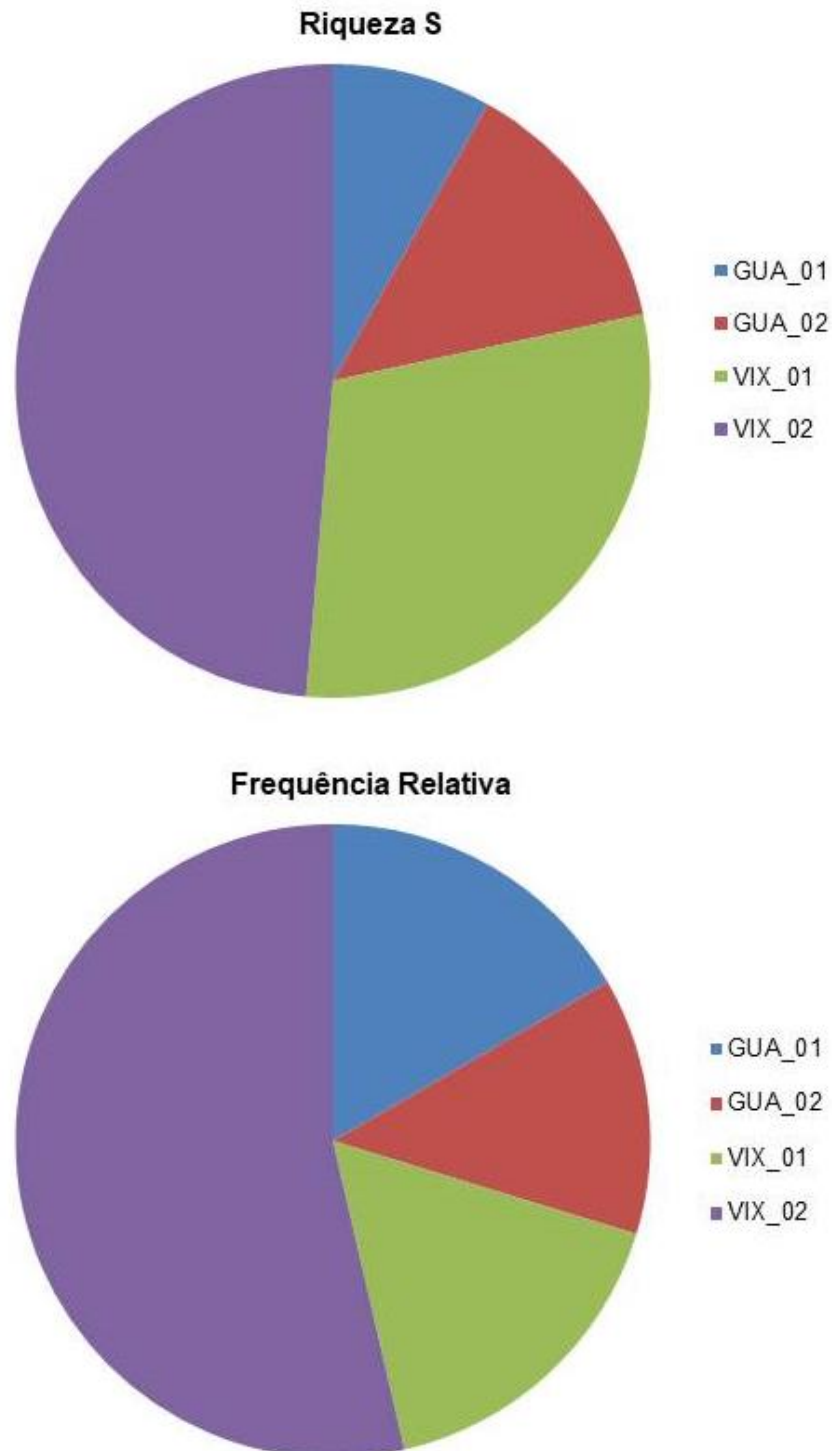
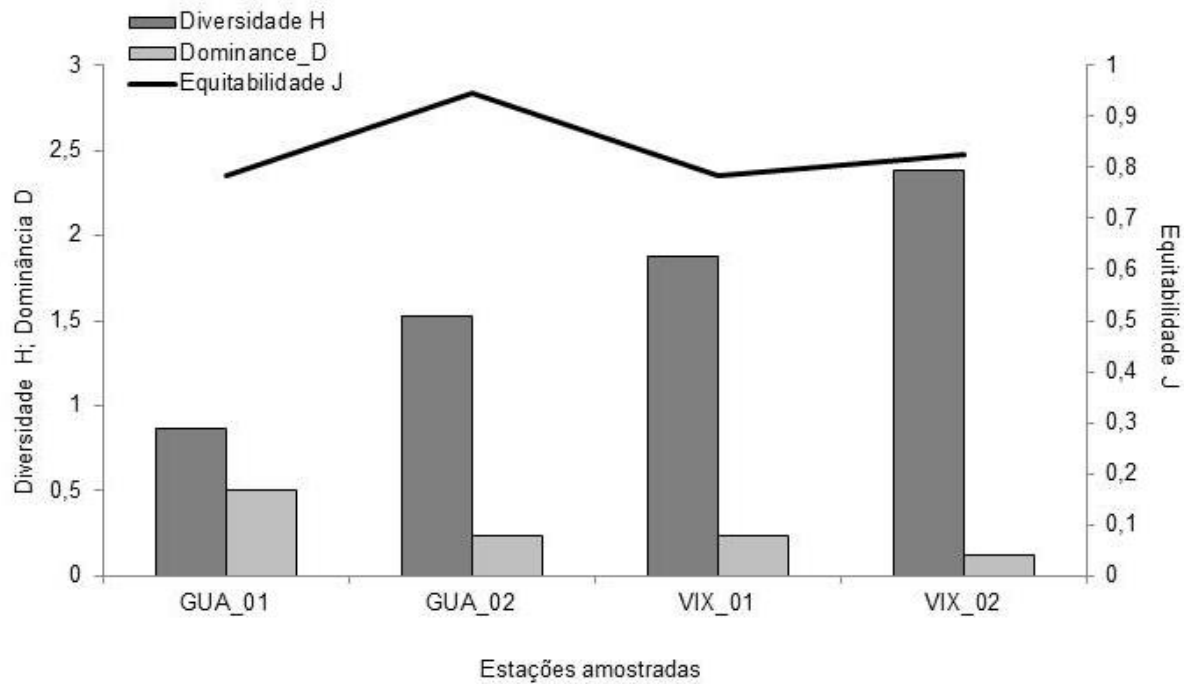


Figura 77: Análise de índices ecológicos (Diversidade de Shannon H; Dominância D; Equitabilidade J) referente as campanhas amostradas no setor Sul (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).



2.1.8.6 Comparação com dados pretéritos

Quando comparados com os resultados sobre a ocorrência dos crustáceos de amostras anteriores (SCRD) e posteriores à chegada do rejeito na plataforma continental do Rio Doce (Expedições Vital de Oliveira, Antares, e Soloncy Moura) observou que para as amostras mais próximas à desembocadura do Rio Doce, a 10 m de profundidade, ocorreu uma diminuição da Riqueza S, com a ausência dos registros do Subfilo Crustacea, já no presente estudo foi observada uma alteração nessa comunidade bentônica, com uma maior riqueza (8) na região da Foz, e um aumento considerável na frequência relativa desses organismos, principalmente nos pontos de menores profundidades (SD 01), que compreendem a desembocadura da Foz do Rio Doce.

2.1.8.7 Discussão das Análises dos Grupos de Crustacea

De acordo com os dados apresentados, até o momento, o Subfilo Crustacea foi identificado em três Classes, quatro Subclasses, seis Ordens, cinco Infraordens e dezesseis famílias de Amphipoda, os quais tiveram presente em todas as estações amostrais, sendo quatro mais representativas. Os crustáceos são invertebrados de grande representatividade em ambientes bentônicos, e apresentam grande importância nos processos ecológicos, pois atuam em diferentes níveis tróficos (Magalhães, 2000) e como bioindicadores de qualidade ambiental.

Ainda que algumas análises estejam em processamento, os dados referentes ao Subprojeto Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado já revelam resultados importantes sobre a presença dos Crustacea nas estações amostrais, uma vez que, ocorreu um aumento considerável deste grupo na campanha 7, principalmente nos pontos próximos a desembocadura do Rio Doce (SD 01; SD 05). Matthews-Cascon

et al. (2018) estudaram a comunidade bentônica na região da desembocadura do Rio Doce, antes do desastre, e apontaram uma maior representatividade dos Crustacea no inverno, compreendendo 46% dos espécimes coletados nesta época do ano, tal acontecimento pode ser devido ao aumento de nutrientes ocasionado pelas chuvas de verão, que chegam no mar durante a estação do ano e proporcionam alimento, refletindo diretamente na composição dessa comunidade bentônica. Essa hipótese também pode justificar a maior frequência relativa de Crustacea observada na campanha sete do presente estudo, uma vez que foi realizada no mês de abril, caracterizado como período de inverno.

Outro fato que pode ser considerado é que esses pontos, próximos a desembocadura, sofrem alterações constantes por causa da influência da água doce e sedimento, que ocasionam temporariamente, a diminuição da diversidade e abundância desses macrobentônicos (Akoumianaki et al., 2012), provocada pela turbidez da água e baixa luminosidade, conseqüentemente, influencia na redução da produtividade primária (Cloern, 1987 ; Martins et al., 2013).

Apesar dos resultados, obtidos em amostras anteriores (SCRD) e posteriores à chegada do rejeito na plataforma continental do Rio Doce (Expedições Vital de Oliveira, Antares, e Soloncy Moura), apresentarem uma menor Riqueza S e frequência relativa do Subfilo Crustacea, quando comparados com os dados do presente estudo, houve uma baixa representatividade desse grupo, quando confrontado com os dados coletados por Matthews-Cascon et al (2018). Diante disso, infere-se que, com a chegada da pluma marrom e dos resíduos de mineração ao longo da costa do Espírito Santo e Sul da Bahia, após rompimento da barragem do Fundão em Mariana-MG, ocorreu uma alteração na produção primária (Gomes et al., 2017) e conseqüentemente, influenciou na diminuição da abundância e Riqueza desses organismos bentônicos.

Até o momento foram apontados três táxons de Crustacea mais representativos (Ostracoda, Amphipoda e Tanaidacea). Matthews-Cascon et al. (2018) também relataram que dentre os Crustacea, Peracarida foi o predominante, sendo representado, na sua maioria pelos anfípodes, os quais são dominantes na macrofauna bentônica (Bachelet et al., 2003; Yu et al., 2003), sendo considerado os mais diversos e abundantes da comunidade bentônica e pelágica, podendo ser os mais representativos dentre estes, tanto como biomassa quanto em riqueza de espécies, além disso são um dos principais produtores secundários na teia alimentar marinha (Marques; Bellan-Santini, 1993; Thomas, 1993; Colan, 1994), apresentando um papel importante na cadeia trófica (Rodrigues, 2009), e por serem grande parte detritívoros, exercem um papel muito importante na decomposição de matéria orgânica e conseqüente reciclagem de nutrientes no ambiente em que vivem (Thomas, 1993). Esses organismos despertam um grande interesse sob os aspectos ecológicos, e são usados como indicadores de mudanças ambientais causadas por perturbações naturais ou antropogênicas (Thomas, 1993; Conlan, 1994, Thiel et al., 2003).

Os Amphipoda foram representados principalmente pelas famílias Chevaliidae, Ampeliscidae e Phoxocephalidae, e permaneceram como as mais abundantes, sendo os principais responsáveis pelo aumento considerável de crustáceos nos pontos próximos a desembocadura do Rio Doce,

especificadamente da campanha 7. Essa alta representatividade também foi observada em estudos anteriores (Matthews-Cascon et al, 2018). Entretanto, a maior parte das demais famílias são sensíveis a estresses ambientais, principalmente relacionados a poluições, sendo este o possível fator redutor da abundância destas famílias durante as campanhas, se comparado com as Ampeliscidae, Chevaliidae e Phoxocephalidae.

A família Ampeliscidae é utilizada como bioindicador em estudos com poluentes, e é reconhecida como apta a colonizar ambientes com estresse (Ingole et al, 2008). Ao estudar locais com dejetos de esgoto, De-la-Ossa-Carretero et al (2011) constataram que esta família apresenta tolerância, mostrando reposta positiva, presentes nos locais de maior emissão de dejetos, estes fatos corroboram com a presença considerável de Ampeliscidae durante o período de estudo. Outros autores (Dauwe et al., 1998; Dauvin; Ruellet, 2007) mencionam que essa família apresenta sensibilidade ao aumento de distintos poluentes incluindo metais e hidrocarboneto, podendo desaparecer diante derramamento de óleo.

Segundo Myers (2009), os Chevaliidae são bastante frágeis e são facilmente reconhecidos devido à sua característica da forma corporal, porém seu modo de vida é desconhecido e apresentam poucos estudos da biologia reprodutiva e populacional. Já a família Phoxocephalidae, por apresentar espécies cavadoras, pode desempenhar papel importante na estruturação da comunidade bentônica (Chiesa, 2014), uma vez que, estão em contato direto com o sedimento, além de serem sensíveis a diferentes tipos de poluentes, podendo ser utilizadas como bioindicadoras de monitoramento ambiental (Rodrigues, 2009). De modo geral, a alta densidade e tempo de vida curto, dos organismos podem revelar se um determinado ambiente encontra-se ou não impactado. Assim, essa elevada abundância registrada para essas famílias, bem como, a sua associação com os sedimentos marinhos e por apresentarem todo o seu ciclo de vida nos bentos, favorecem a utilização desses anfípodas, como bioindicadores no monitoramento e avaliação de impactos ambientais (Edgar; Moore, 1986; Smith; Simpson, 1992; Clarke; Ward, 1994).

Embora os Amphipoda sejam apontados como os mais representativos, em relação à abundância, os Ostracoda foram dominantes na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas e na porção Sul. Tal fato pode estar relacionado com o tipo de sedimento, uma vez que esse táxon possui preferência por bentos mais porosos, consequentemente, com maior fluxo de água e de matéria orgânica, promovendo maior oxigenação e disponibilidade de alimento, o que favorece a sua estabilidade e sobrevivência nesses interstícios (Delorme, 2001). É importante ressaltar que a maior parte da amostra deste táxon foi representada por vestígios de organismos, como as conchas. Assim, a diversidade, abundância e a tolerância desses organismos em determinados locais podem estar ligadas diretamente as perturbações ou distúrbio no ambiente.

De modo geral, os ostracodes são de suma importância para a ciclagem de matéria orgânica, como restos de organismos mortos e pelotas fecais (Vannier et al, 1998). Por serem estenobióticos, os ostracodes podem ser utilizados como bioindicadores ambientais. Isso se deve a suas características

fáceis de serem identificadas, tais como: sua abundancia no ambiente, sua ampla distribuição geográfica, seu tamanho reduzido, facilidade de coleta e armazenamento das amostras, possibilitando que análises sejam de baixo custo (Souza et al., 2005).

Alguns estudos indicam a sensibilidade de algumas espécies de ostracodes com relação à exposição à metais pesados (Brooks et al., 1995). Ruiz e colaboradores (2005) analisaram diferentes estudos e observaram que em diversos bioensaios são utilizados nematóides e artrópodes como anfípodes, cumaceos, copépodes harpacticóides e ostracodes para avaliar as respostas desses animais a metais pesados. Os resultados desses estudos mostram que esses organismos apresentam respostas negativas principalmente ao cobre e ao zinco, de forma que há uma redução na densidade de indivíduos. Essa correlação também foi observada em estudos *in situ* realizados no norte do Chile, onde há um enriquecimento de Cobre nos sedimentos devido ao descarte de rejeitos de minas de cobre, o que ocasiona a redução de densidades e diversidades das assembléias meiofaunais (Ruiz et al., 2005), tal fato pode explicar a baixa representatividade desses organismos nos pontos amostrados.

Para os Tanaidacea foram observados uma maior representatividade na porção Norte, entretanto, pouco se sabe da biologia e ecologia desse organismo. De acordo com Sieg (1986), os estudos sobre a ecologia dos Tanaidacea têm sido negligenciados, devido, principalmente a dificuldade de identificação (Heard et al., 2004). Considerando que os dados do presente estudo estão sendo analisados, ainda existem muitas questões para serem discutidas, dentre elas se a distribuição desses organismos está diretamente relacionada ao tipo de sedimento, disponibilidade de alimento e/ou a tolerância a ação antrópica. Deste modo, a finalização das análises ajudará a esclarecer melhor o seu papel ecológico na estrutura e funcionamento do ambiente bentônico.

De modo geral, com aumento considerável principalmente dos anfípodes, em locais próximos a desembocadura do Rio Doce, bem como, a presença significativa de vestígios de ostracodes, podem evidenciar que esses locais ainda apresentam um elevado grau de contaminação, e conseqüentemente, estão em processo de degradação devida as ações antrópicas causadas, principalmente, pelo rompimento da barragem de rejeitos. Entretanto, estudos mais detalhados são necessários para entender a atuação ecológica dos crustáceos bentônicos em determinados locais em que a sua ocorrência foi altamente considerável, o que ajudaria avaliar sua relação com impactos causados por ação antrópica, bem como no monitoramento e restauração desse importante ecossistema marinho.

2.1.9 Grupos Taxonômicos Específicos - Filo Annelida – Classe Polychaeta

Os poliquetas apresentam uma ampla distribuição ecológica habitando desde regiões entremarés de praias arenosas e rochosas, manguezais, plataformas até zonas abissais. Além disso, são reconhecidos como um dos grupos de invertebrados mais dominantes da macrofauna bêntica, tanto em número de indivíduos como espécies (Grassle; Maciolek, 1992; Ward; Hutchings, 1996) e por esse motivo, são um dos grupos que mais contribuem para o padrão de diversidade da comunidade

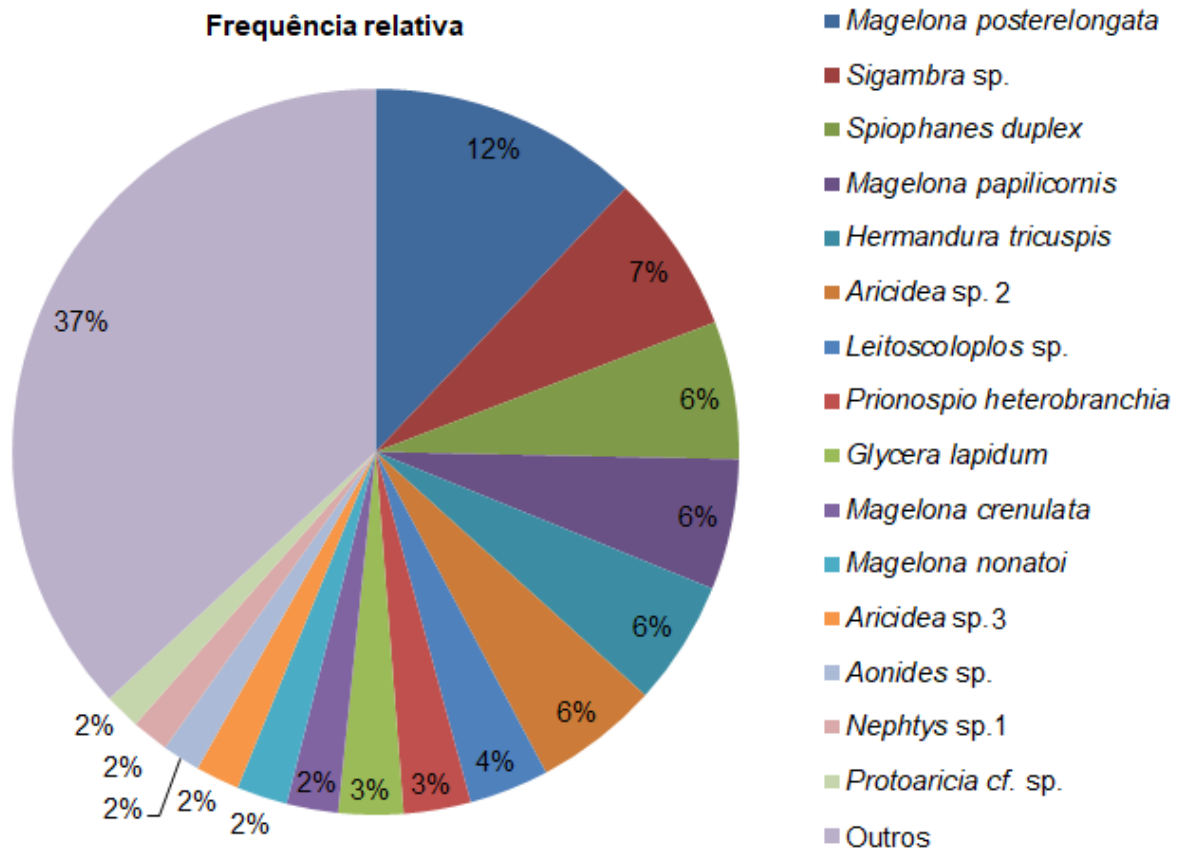
bentônica (Olsgard et al. 2003). O grupo é considerado um dos mais importantes em termos de biomassa e produtividade no meio marinho e são responsáveis por até 70% da produtividade da macrofauna em ambientes de plataforma (Knok, 1977). Desempenha papéis ecológicos essenciais ao funcionamento nos diversos ambientes que habitam, pois são responsáveis ativos pela bioturbação, retrabalhando, reciclando e transportando oxigênio e material dissolvido nos sedimentos (Hutchings, 1998). A contribuição na composição e distribuição da comunidade bentônica bem como as funções ecológicas desempenhadas pelos poliquetas faz deles excelentes instrumentos e indicadores de mudanças do ambiente.

Os dados aqui apresentados sobre os táxons da Classe Polychaeta referem-se a um total de 654 indivíduos identificados até o momento, distribuídos em 71 pontos amostrais das campanhas de 1 a 7.

2.1.9.1 Composição da Classe Polychaeta com os dados obtidos até o momento

A classe Polychaeta foi representada, até o momento, por 192 espécies distribuídas em 38 famílias. As espécies *Magelona postereelongata*, *Sigambra* sp., *Spiophanes duplex*, *Magelona papilicornis*, *Hermadura tricuspis*, *Aricidea* sp.2, *Leitoscoplos* sp. e *Prionospio heterobranchia* apresentaram maiores valores de frequência relativa em relação ao total de indivíduos com 12%, 7%, 6%, 6%, 6%, 4% e 3%, respectivamente, totalizando 50% (Figura 78). Em relação à frequência de ocorrência, as espécies *Goniadides aciculata*, *Chrysopetalum* sp. e *Hemipodia simplex* foram as mais frequentes (16,90%, 14,08% e 14,08% dos pontos/campanha, respectivamente).

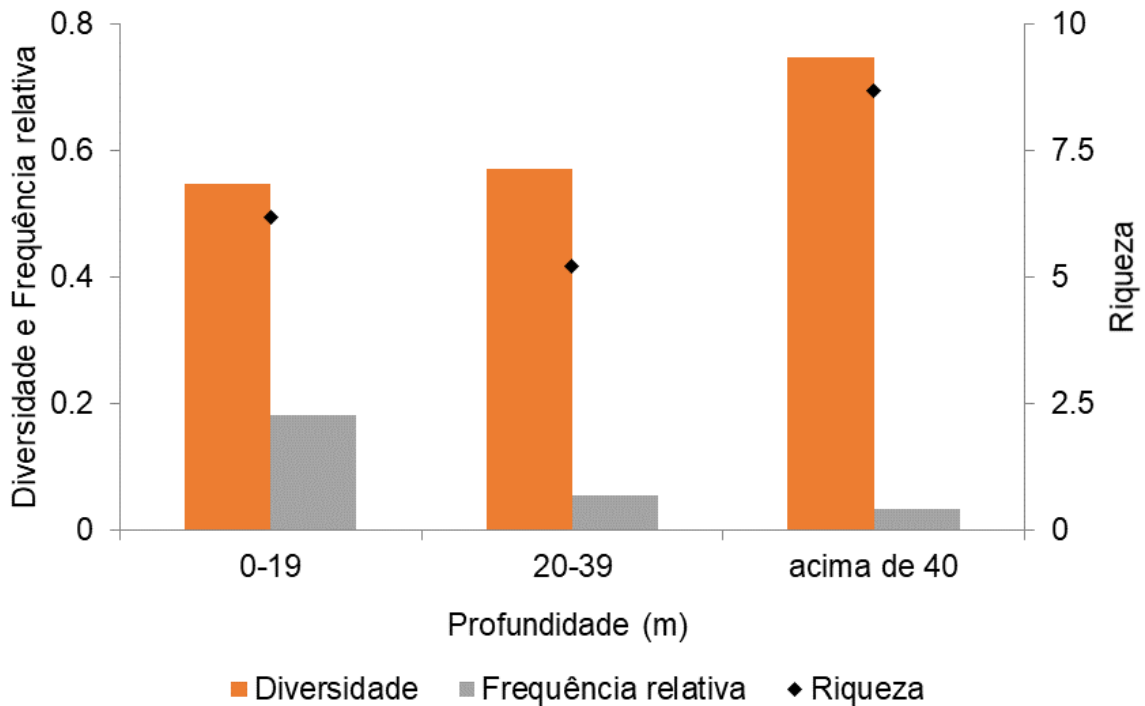
Figura 78: Frequência relativa das espécies de poliqueta. Espécies com valores de frequência relativa abaixo de 0,1 % foram agrupadas como Outros.



2.1.9.2 Índices ecológicos

De forma geral, os pontos amostrados nos fundos de rodolitos apresentaram maiores valores de riqueza e diversidade, sendo o ponto CA 11 (campanha 1) com 39 espécies de poliqueta e uma alta diversidade (3,501). Os pontos CA 15 e CA 04, ambos da campanha 1, apresentaram 33 e 22 espécies e diversidade considerada alta e média, respectivamente. Os pontos coletados no Setor Foz (campanha 1), apresentaram maiores valores de frequência relativa, sendo o ponto SDN 13 com 1,8 ind/ml, SDS 20 com 0,66 ind/ml e SDN 20 com 0,64 ind/ml. Na maioria dos pontos amostrados, os dados de equitabilidade foram próximos ou igual a 1, demonstrando a uniformidade na distribuição das espécies. Em relação à profundidade, os valores de diversidade e riqueza foram maiores em locais mais profundos. Já os resultados de frequência relativa mostraram uma relação inversa, diminuindo à medida que aumenta a profundidade (Figura 79).

Figura 79: Valores médios dos índices ecológicos (diversidade, frequência relativa e riqueza) dos poliquetas em diferentes profundidades, campanhas 1, 4 e 7.



2.1.9.3 Setor Abrolhos- Classe Polychaeta

Os dados dos índices ecológicos no Setor Abrolhos variaram entre os pontos, sendo registrado o menor valor de riqueza (3) e diversidade (1,04) no ABR 01, e o maior (8, 1,797, respectivamente) no ABR 03. Em relação aos valores de frequência relativa, os pontos ABR 01 e ABR 03 foram os mais representativos, ambos com 0,04 ind/ml (Figura 80). De acordo com análise de agrupamento e o teste SIMPROF não houve grupos Significantes entre as amostras de Abrolhos. As espécies *Augeneria* sp. (32,39%) e *Magelona papillicornis* (29,79%) foram as espécies mais representativas nesse Setor (Simper, Figura 81).

Figura 80: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor Abrolhos (ABR).

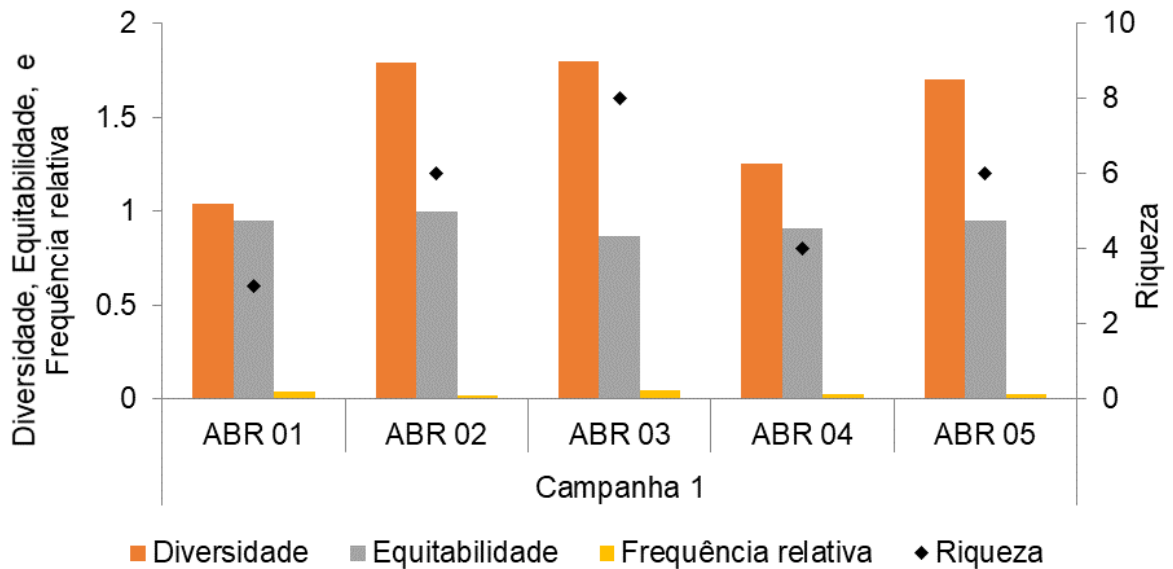
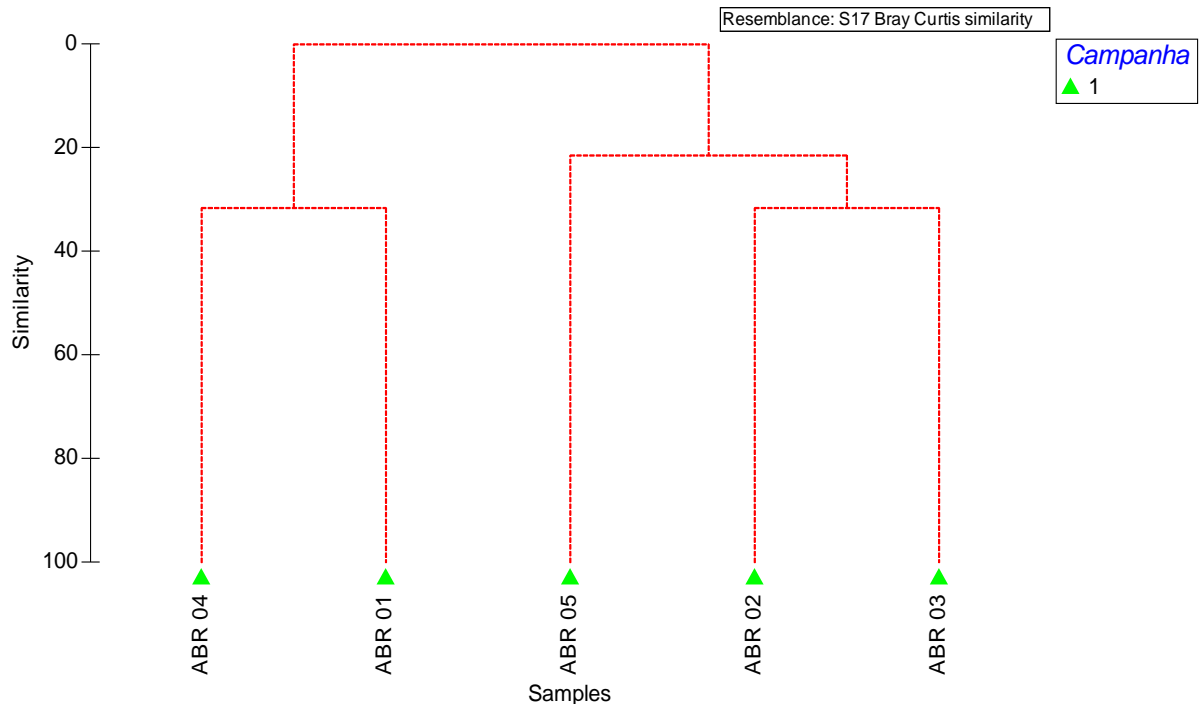


Figura 81: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais do Setor Abrolhos (ABR). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



2.1.9.4 Setor Norte- Classe Polychaeta

Analisando o Setor Norte, o ponto ITA 02 oscilou consideravelmente entre os valores dos índices ecológicos, uma vez que na campanha 4, apresentou os maiores valores de riqueza (22) e diversidade (2,745), e ausentes na campanha 1. Os maiores valores de frequência relativa foram anotados no DEG

01 e ITA 02 (campanha 4), com 0,4 ind/ml e 0,17 ind/ml, respectivamente (Figura 82). A análise de agrupamento e o teste SIMPROF indicaram a formação de cinco grupos, sendo os grupos 1, 2 e 3 formados pelos pontos DEG 01, ITA 01 e ITA 02 da campanha 1, respectivamente. O grupo 4 formado pelos pontos BN 01 e BN 02 da campanha 1 e BN 01, BN 02 e ITA 01 da campanha 4 e o grupo 5 pelos DEG 01, DEG 02 da campanha 1 e DEG 01, DEG 02 e ITA 02 da campanha 4 (Figura 83). As espécies *Magelona papillicornis* (18,73%) e *Gymnovereis crosslandi* (38,49%) contribuíram para a similaridade dos grupos 4 e 5 (Simper), respectivamente. O ponto DEG 01 (campanha 1) se diferenciou dos demais devida a ocorrência das espécies *Magelona crenulata* e *Magelona variolamellata*, já ITA 01 (campanha 1) foi por causa da ocorrência de *Pisione sp.*

Figura 82: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor Norte (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).

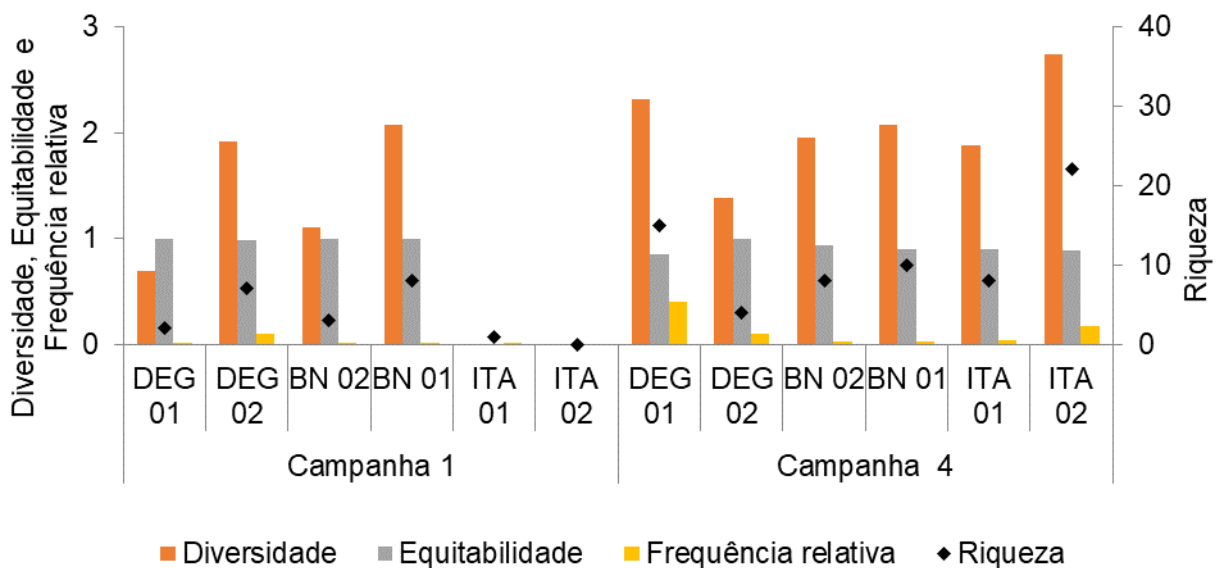
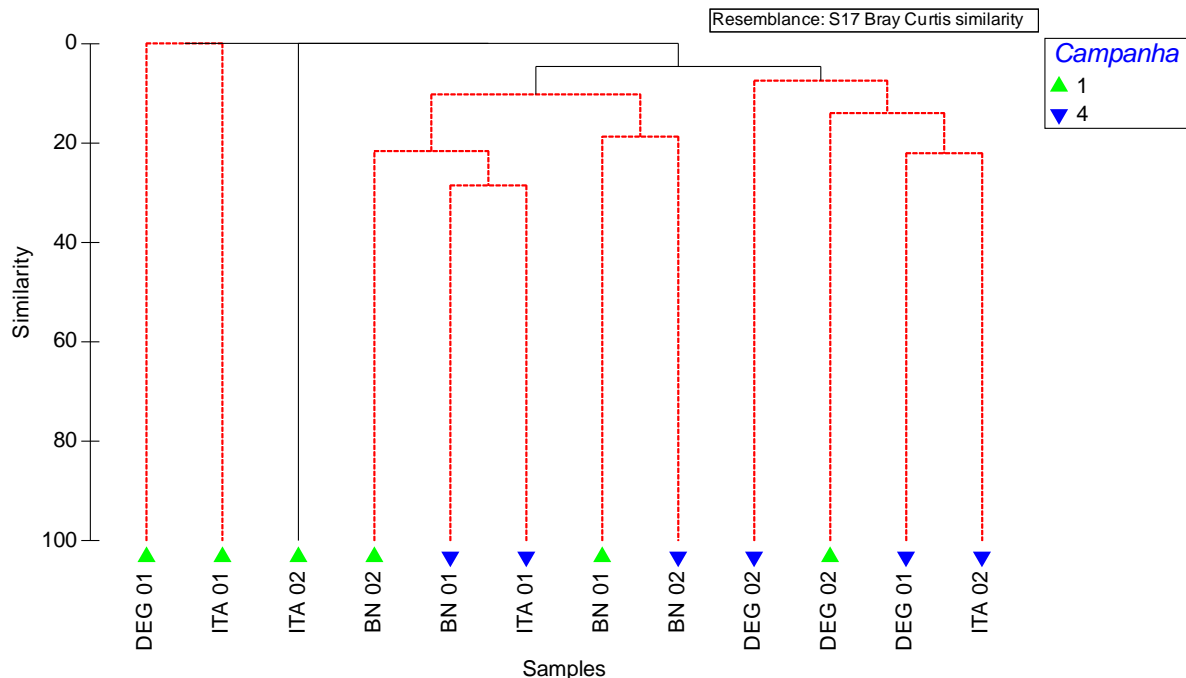


Figura 83: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais do Setor Norte. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes (DEG= Degredo; BN= Barra Nova; ITA= Itaúnas).



2.1.9.5 Setor Foz – (Foz Norte, Foz Central e Foz Sul) – Classe Polychaeta

Para as amostras analisadas até o momento para a composição de espécies de Polychaeta, quando observado de forma mais detalhada os pontos amostrais da Foz do Rio Doce, compreendendo SD 01 a SD 05, apresentaram um aumento nos valores da riqueza e diversidade de poliqueta. O padrão contrário foi observado para os valores de frequência relativa, tendendo a diminuir à medida que os pontos se afastam da costa. Para o ponto SD 01 a amostra com maior abundância discutida nos grandes grupos está em fase de identificação e os resultados apresentados aqui não consideraram estes dados. Os pontos SDN 20 e SDN 13 obtiveram os maiores valores de riqueza (14, 10) e diversidade (2,263 e 2,139), respectivamente. Já a maior frequência relativa foi registrada no SDN 13 (1,8 ind/ml), com ausência de poliqueta no SDS 30 (Figura 84). A análise de agrupamento e teste SIMPROF indicou a formação de cinco grupos, sendo o grupo 1 composto pelo ponto SDS 30, grupo 2 agrupou SD 02, SDS 13, SD 03 e SD 04. Já os grupos 3 e 4 formaram formados pelos pontos SD 01 e SDN 30, respectivamente. E o grupo 5 agrupou SDS 20, SDN 13 e SDN 20 (Figura 85). *Magelona posterelongata* (43,48%) foi a espécie que contribuiu para a similaridade do grupo 5 e *Hemipodia simplex* (36,17%) do grupo 2 (Simper). As espécies *Magelona papilicornis* e *Leitoscoloplos* sp. ocorreram somente no ponto SD 01, o que resultou na separação desse grupo e o ponto SDN 30 se diferenciou dos demais devido a ocorrência da espécie *Laonice branchiata*.

Figura 84: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor Foz.

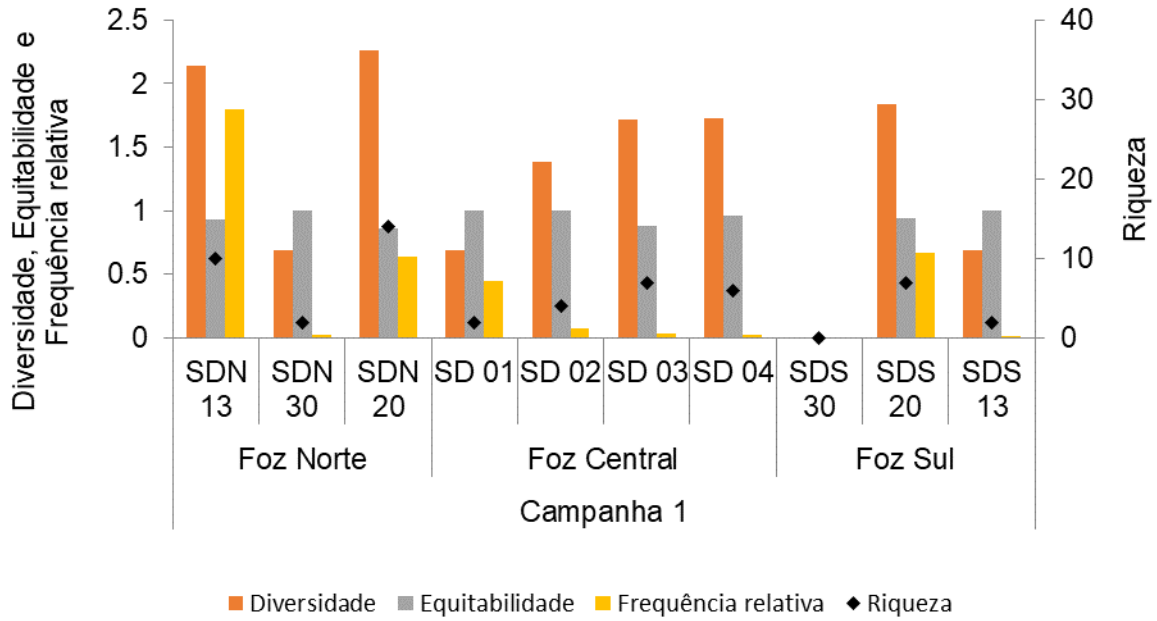
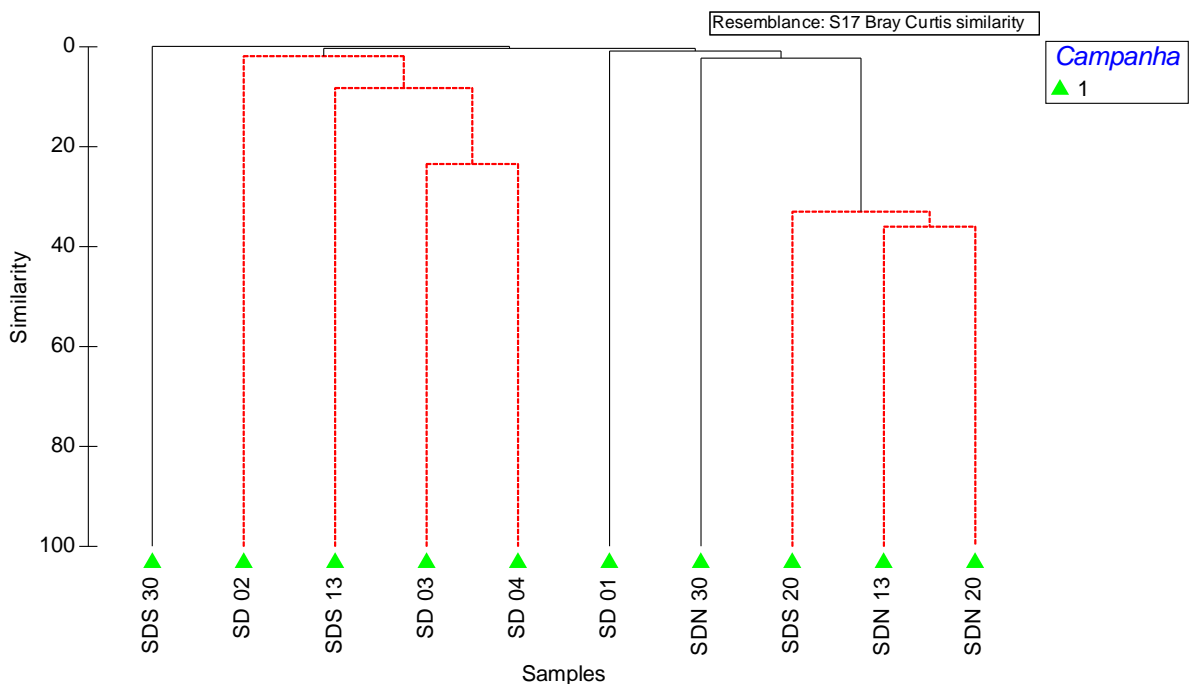


Figura 85: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais da região do Setor Foz. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



2.1.9.6 Setor APA/RVS- Classe Polychaeta

De uma forma geral, os valores dos índices ecológicos da Campanha 1 foram mais elevados e com uma maior oscilação quando comparados com os das campanhas 4 e 7. Os pontos amostrados nos fundos de rodolitos apresentaram maiores valores de riqueza e diversidade (CA 11, 15 e 04), bem

como, de frequência relativa (CA 11 da primeira Campanha com 0,1625 ind/ml e CA 15 da campanha 4 com 0,163 ind/ml) (Figura 86). A análise de agrupamento e teste SIMPROF indicaram a formação de 14 grupos, 1) CA 13 da campanha 1; 2) CA 10, CA 08 e CA 14 da campanha 1; 3) CA 06 da campanha 4 e CA 01 e CA 03 da campanha 1; 4) CA 09, CA 02, CA 03 e CA 08 da campanha 7; 5) CA 06 da campanha 1; 6) CA 05, CA 08, CA 1 da campanha 4 e CA 1 da campanha 7; 7) CA 04, CA 10 da campanha 4 e CA 6 e CA 10 da campanha 7; 8) CA 15 da campanha 4 e CA 14 da campanha 7; 10) CA 03 da campanha 4 e CA 15 da campanha 7; 11) CA 12 da campanha 1; 12) CA 15, CA 4 e CA 11 da campanha 1; 13 e 14) CA 02 da campanha 1 e CA 02 da campanha 4, respectivamente. O grupo 9 é composto pelos demais pontos amostrais (Figura 87). As espécies *Glycera lapidum* (55,82%), *Spiophanes bombyx* (51,02%), *Asychis* sp. (100%), *Goniadides aciculata* (85,20%), *Scoletoma tetraura* (87,93%), *Clymenella* sp. (33,33%), *Hemipodia simplex* (47,96%), *Lysarete* sp. (57,14%) e *Syllis* sp.3 (17,33%) foram as responsáveis pela similaridade dos grupos 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 e 12, respectivamente (Simper). Os pontos CA 13, CA 06 e CA 12 da campanha 1 e CA 02 da campanha 4 se diferenciaram dos demais devido a ocorrência das espécies *Eranno* sp. *Glycera oxycephala*, *Amphicteis gunneri* e *Magelona papilicornis*, respectivamente.

Figura 86: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor APA/RVS (CA).

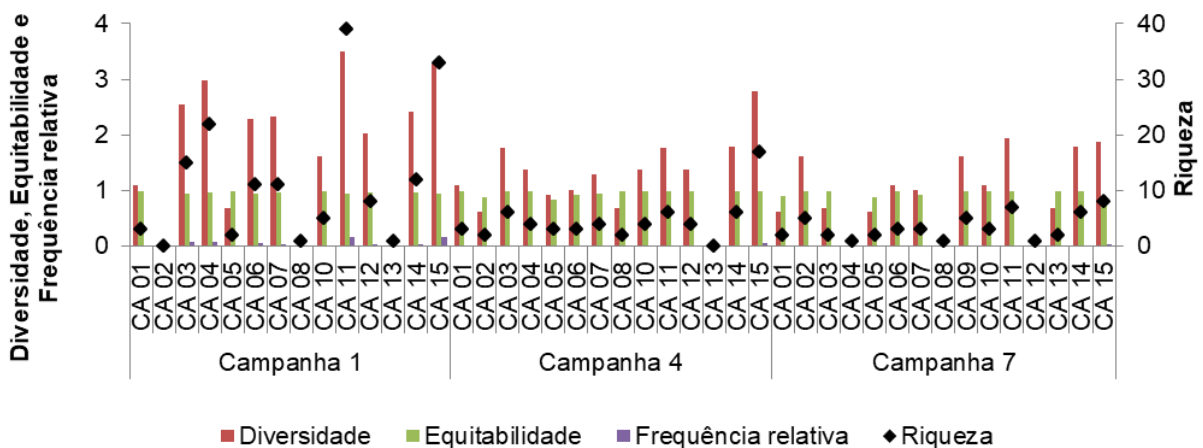
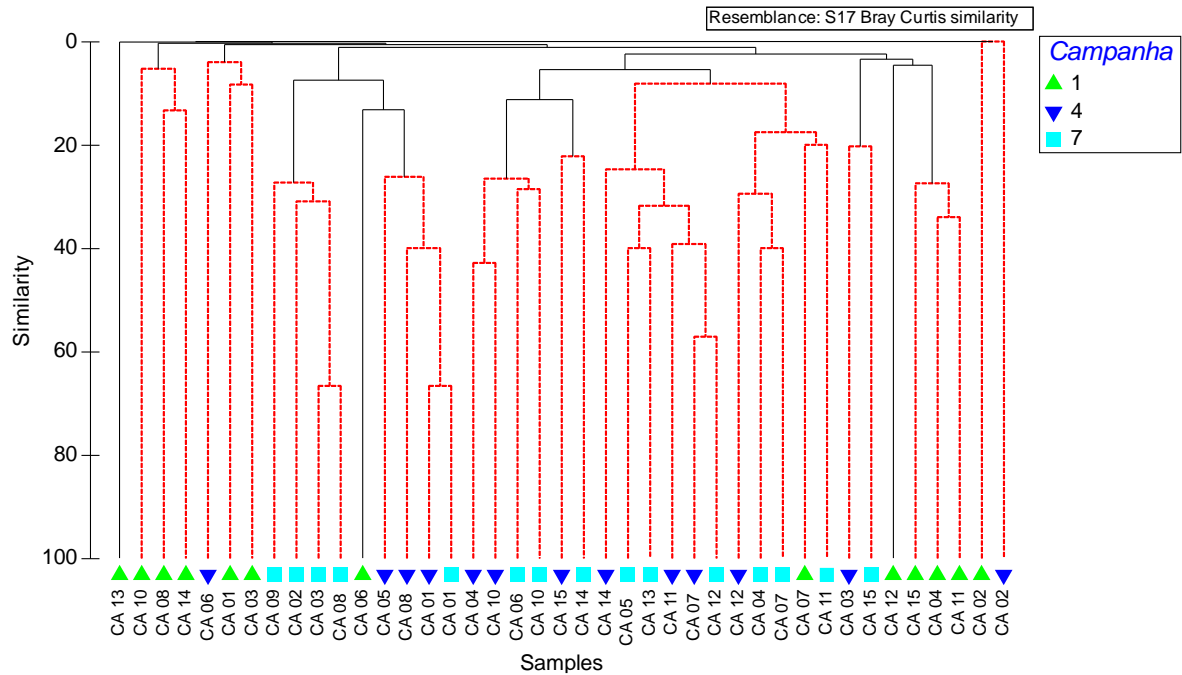


Figura 87: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais do Setor APA/RVS(CA). Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes.



2.1.9.7 Setor Sul- Classe Polychaeta

O Setor Sul, até o momento, foi a que apresentou os menores valores nos índices ecológicos. No ponto GUA 01 foram registrados os maiores valores de riqueza (4), diversidade (1,242) e frequência relativa (0,06 ind/ml). Já no GUA 02 e VIX 01 apresentaram semelhança entre os valores de riqueza (1) e frequência relativa (0,003 ind/ml), enquanto que em VIX 02 os poliquetas estiveram ausentes (Figura 88). De acordo com análise de agrupamento e o teste SIMPROF não houve grupos Significantes entre as amostras do Setor Sul. As espécies *Goniadides aciculata*, *Sigambra* sp., *Hermundura tricuspis* e *Pisione* sp. foram as mais representativas nesse Setor (Figura 89).

Figura 88: Valores dos índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, frequência relativa e riqueza) dos pontos amostrais do Setor Sul (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).

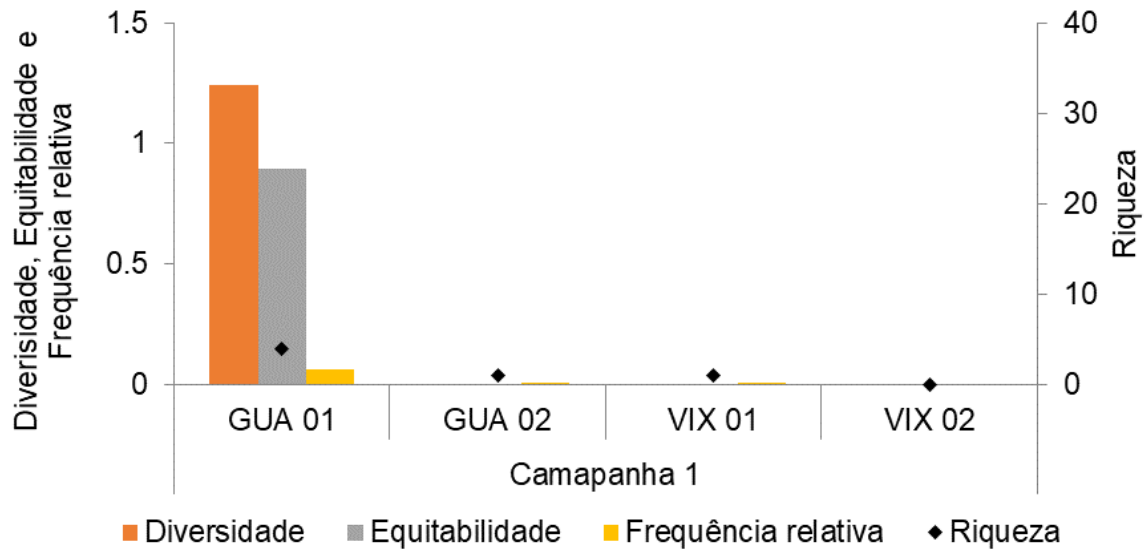
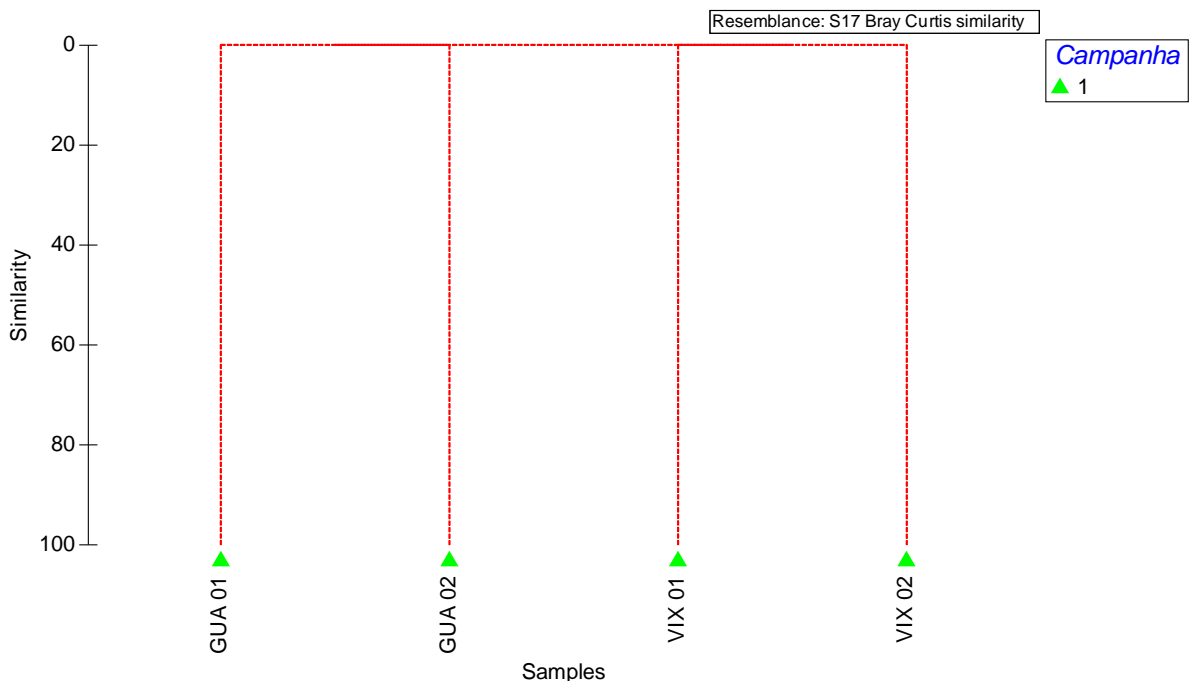


Figura 89: Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o Índice de Similaridade de Bray curtis com base nos dados de frequência relativa (ind/ml) de poliqueta por pontos amostrais do Setor Sul. Linhas pretas indicam agrupamentos Significantes pelo teste SIMPROF e linhas vermelhas não indicam grupos Significantes (GUA= Guarapari; VIX= Vitória).



2.1.9.8 Comparação com dados pretéritos

Comparando com os pontos correspondentes do monitoramento, na área da plataforma continental do Rio Doce, antes da chegada dos rejeitos (2015) e após a chegada dos rejeitos (2017), observam-se maiores valores de frequência relativa e riqueza em alguns pontos da Foz (SD 01 e SDS 13) e dos Setores Norte do Rio Doce (ITA 01) e APA/RVS (CA 01 e 13), correspondentes ao monitoramento

anterior ao desastre (Figura 90 e Figura 91). Em relação à ocorrência das espécies foi possível observar a presença de *Glycera* sp. (SD 01) e de *Amphicteis* sp.2. e *Leodamas cirratus* (SDS 13) apenas nas amostras do primeiro monitoramento em 2015. Houve uma mudança nas guildas tróficas dos poliquetas encontrados no Setor da Foz antes e depois da chegada do rejeito (Figura 92), com o aumento dos tipos de guildas tróficas (4 tipos) bem como o número de espécies consideradas depositívoras e omnívoras.

Figura 90: Comparação da frequência relativa (ind/ml) dos poliquetas dos monitoramentos anteriores (2015 e 2017) e da primeira e quarta campanha (ITA= Itaúnas; BN= Barra Nova; DEG=Degredo; SD, SDS, SDN= Foz; CA= APA/RVS; VIX= Vitória; GUA= Guarapari).

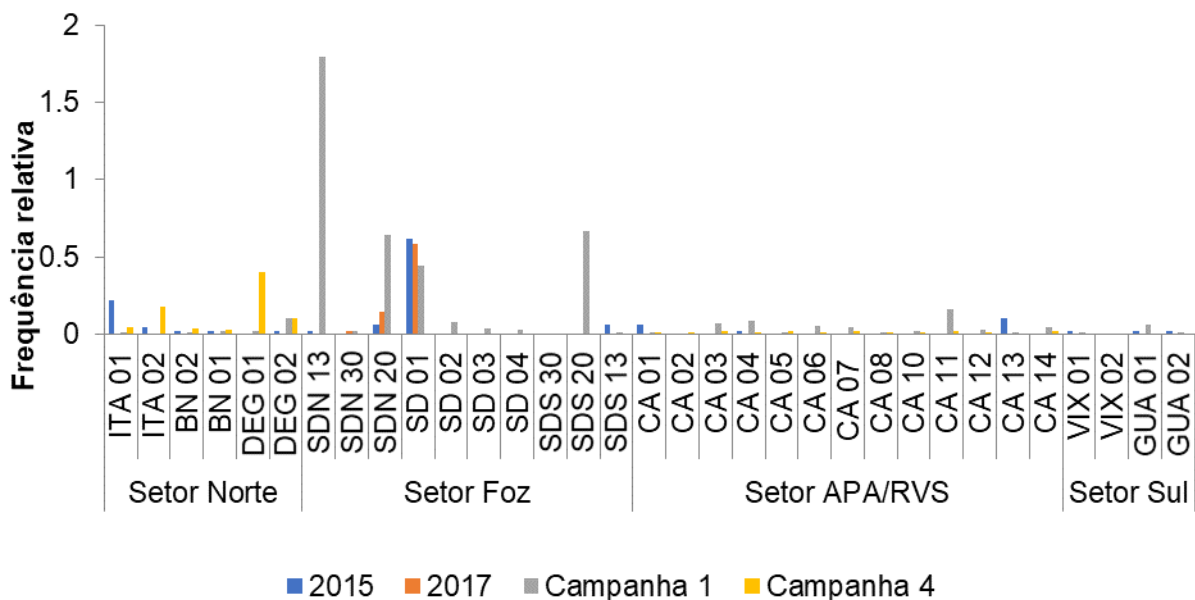


Figura 91: Comparação da riqueza dos poliquetas dos monitoramentos anteriores (2015 e 2017) e das campanhas 1,4 (ITA= Itaúnas; BN= Barra Nova; DEG=Degredo; SD, SDS, SDN= Foz; CA= APA/ RVS; VIX= Vitória; GUA= Guarapari).

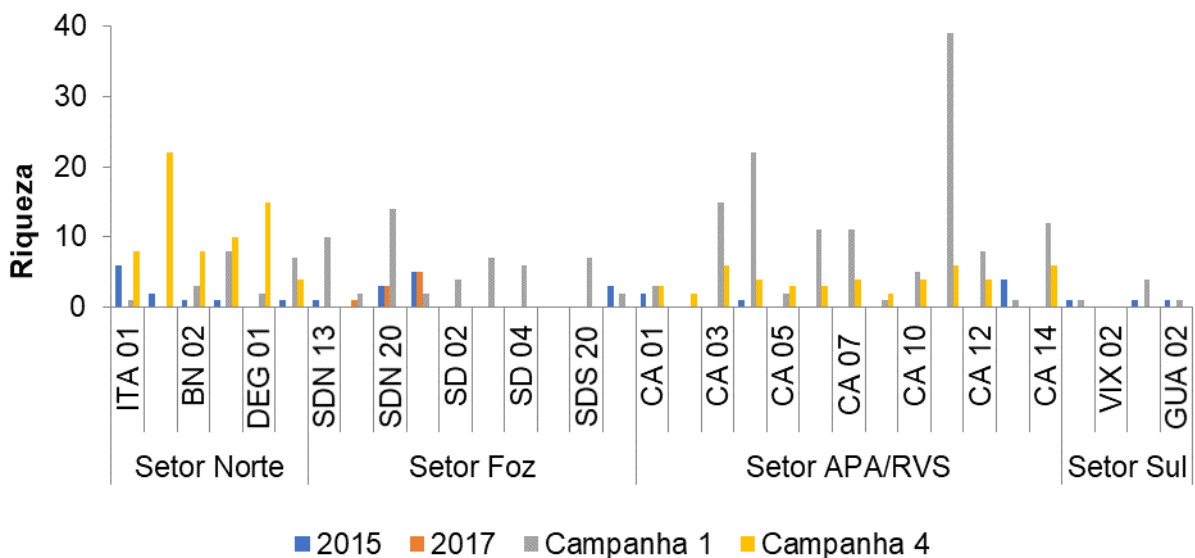
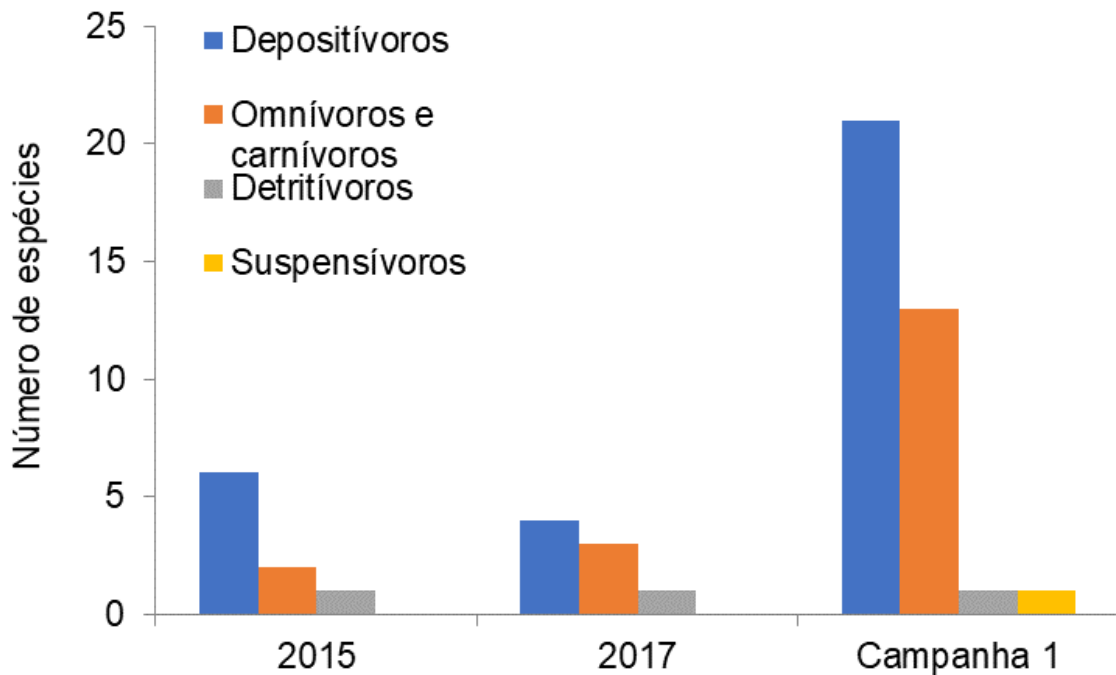


Figura 92: Comparação das guildas tróficas dos poliquetas dos monitoramentos anteriores (2015 e 2017) e da campanha 1 no Setor Foz.



2.1.9.9 Discussão das Análises da Classe de Polychaeta

Até o momento, o cenário mostra que a composição e distribuição dos poliquetas variam dentro e entre os cinco setores do monitoramento., Ainda não foi possível observar um padrão claro de distribuição da fauna nos pontos amostrados, quando analisado em uma escala mais ampla (i.e. todos os Setores e campanhas juntos). Vale ressaltar que os dados utilizados para as análises apresentadas são parciais e nenhuma campanha ainda teve seus organismos identificados completamente (indivíduos por amostras).

Quatro espécies da família Magelonidae estão entre as dez com maiores valores de frequência relativa (*Magelona posterelongata*, *Magelona papilicornis*, *Magelona crenulata* e *Magelona nonatoi*). Essa família apresenta mobilidade reduzida e é considerada detritívora de superfície, mas pode atuar como filtradora, dependendo das condições do ambiente. Essas estratégias alimentares permitem que os representantes, dessa família, ocupem diferentes nichos ecológicos, como ambientes arenosos e lodosos de todas as profundidades (Beesley et al. 2000). Além disso, algumas espécies de Magelonidae foram uma das mais representativas em três dos cinco Setores (Setor Abrolho, Norte e Foz), contribuindo para as similaridades dos pontos nesses Setores, bem como para o padrão de diversidade da comunidade macrobentônica, podendo desempenhar papel importante na estrutura e funcionamento desses ambientes.

A profundidade é considerada um fator determinante na composição e distribuição da fauna bentônica, em que se espera uma comunidade mais estruturada com espécies mais especializadas e em maior número em áreas profundas (Pires-Vanin, 1993). Em contrapartida, locais mais rasos, próximos à costa

e a desembocadura de rios sofrem frequentemente maiores perturbações físicas como revolvimento do sedimento do fundo, variação na salinidade e temperatura da água, podendo inibir o estabelecimento de algumas espécies e permitir a proliferação de espécies consideradas oportunistas de reprodução rápida, elevando a dominância e frequência relativa. Um gradiente do aumento da diversidade e diminuição da frequência relativa, foi observado em dados gerais, à medida que os pontos amostrais se afastaram da costa, bem como nos pontos SD 01 a SD 04. Esse tipo de resultado também foi relatado por Pires-Vanin (1993), na plataforma marinha de Ubatuba.

Os pontos de fundo de rodolito encontrados no Setor Costa das Algas foram os ambientes que apresentam os maiores valores de riqueza e diversidade (CA 11, CA 15 e CA 04), com quase o dobro de espécies que o Setor Norte, segundo Setor com valores mais elevados de riqueza. A estrutura tridimensional dos rodolitos proporciona micro-habitats as comunidades bêmicas (Metri, 2006), disponibilizando aos poliquetas maior oferta de alimento e proteção contra predadores. Esses ambientes são habitados por poliquetas sésseis, como o tubícola Sabellidae *Notaulax*, que é reconhecido por perfurar substratos calcários e construir seus tubos no interior de conchas de moluscos vazias e móveis, como os carnívoros *Pholoe* que capturam com suas mandíbulas pequenas presas como os poliquetas espionídeos e pequenos crustáceos (Pleijel, 1983). Essa variabilidade funcional das comunidades de poliquetas associados aos bancos de rodolito também foi observada na plataforma marinha do Espírito Santo, sendo a comunidade mais diversa em termos de espécie que nos bancos de Abrolhos, provavelmente devido às formas dos rodolitos (Berlandi et al. 2012).

Em relação aos resultados sobre a frequência relativa, observaram-se os maiores valores no Setor Foz (SDN 13 e SDN 20 e SDS 20), provavelmente devida a proximidade da desembocadura do Rio Doce, esses pontos sofrem influências da salinidade e temperatura, bem como o *input* de sedimento, o que pode alterar a comunidade e favorecer espécies de reprodução rápida consideradas oportunistas, elevando a frequência relativa. Além disso, esse Setor pode estar recebendo descargas de rejeitos proveniente do rompimento da Barragem, e essas perturbações podem ser uma explicação para os valores elevados de frequência relativa nesse Setor quando comparado com os demais.

O Setor Foz foi o primeiro local a receber a maior quantidade de rejeito, após o rompimento da Barragem. Ele apresentou, em sua composição, organismos associados a um ambiente lamoso, como as espécies *Magelona posterelongata*, *Prionospio heterobranchia* e *Prionospio* sp. Esses organismos caracterizam-se por serem depositívoros de baixa mobilidade e escavadora de ambiente lamoso, tendo um papel importante na remobilização física e química do sedimento (Beesley et al. 2000). Os organismos dos gêneros *Magelona* e *Prionospio* são considerados oportunistas e tolerantes aos fatores abióticos desfavoráveis (Borja et al. 2000, Sivadas et al. 2011). Entretanto, é importante ressaltar que o gênero *Magelona* não foi registrado logo após o derramamento de rejeito na região (2 dias após o impacto), como observado por Gomes et al. (2017) e seu possível reaparecimento no local indica um retorno ao seu habitat.

Fazendo uma análise comparativa da estrutura da comunidade antes da chegada do rejeito (2015) e após a chegada do rejeito (2017 e este monitoramento), pode-se perceber mudanças na comunidade de poliqueta com maiores valores de frequência relativa e riqueza no monitoramento anterior a chegada dos rejeitos, em alguns pontos da Foz, do Setor Norte e Costa das Algas. Ao analisar esses pontos, após o rompimento da barragem, verificou-se o desaparecimento de algumas espécies como: *Glycera* sp., *Amphicteis* sp.2 e *Leodamas cirratuss*. Um estudo realizado em uma região estuarina, próximo a foz do Rio Doce, comparou a comunidade antes e após a chegada do rejeito e também observou o desaparecimento dos gêneros *Glycera* e *Amphicteis* após o desastre (Gomes et al. 2017).

Além da mudança na estrutura da comunidade, houve mudança no papel funcional dessas comunidades que anteriormente (2015 e 2017) apresentavam um equilíbrio entre as guildas tróficas (número de espécies semelhantes entre as guildas), tendo ambas as campanhas organismos depositívoros, omnívoros e detritívoros. Neste monitoramento ocorreu um aumento das espécies consideradas depositívoras e omnívoras de baixa a alta mobilidade, bem como o registro da espécie tubícola *Owenia fusiforme* considerada suspensívora, poliqueta filtrador de pequenas partículas suspensas na água (Rouse; Pleijel, 2001). Resultados semelhantes foram encontrados nas plataformas norte do Rio de Janeiro e Ubatuba, sendo os poliquetas depositívoros os mais dominantes (Ruta, 1999).

Variações na diversidade taxonômica e funcional dos poliquetas refletem as condições da macrofauna bêntica do local, uma vez que esse grupo é um dos mais abundantes tanto em número de indivíduos como espécie, sendo responsáveis por até 70% da produtividade da macrofauna em ambientes de plataforma (Knok, 1977). O desaparecimento bem como o reaparecimento de espécies após os possíveis impactos causados pelos rejeitos pode sinalizar uma comunidade tentando se reestabelecer, além de reafirmar a relevância da continuidade desse monitoramento ambiental.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A partir do que foi apresentado, temos os cenários registrados ao longo do tempo de monitoramento até o momento da última campanha 10, em que vem se observando alterações sequentes na composição faunística bentônica e abundância dos grupos das comunidades da área estudada. Os resultados evidenciam a ocupação desta área afetada pelos rejeitos, de grupos taxonômicos resistentes, indicadores de impacto ambiental como observado para Mollusca, Crustacea e Polychaeta, entretanto, o mais preocupante, as comunidades estão sendo caracterizadas pela ocorrência de vestígios de organismos, como concha de Gastropoda, valva de Bivalvia, concha de Scaphopoda e esqueleto de Bryozoa, mais do que por organismos vivos.

Deixa-se, portanto, evidente a importância de estudos de monitoramento destes indícios, associados aos fatores ambientais determinantes para a instalação desta comunidade, como tipo de substrato e possíveis contaminantes, para que se possa elucidar as questões sobre a possibilidade de recuperação desta comunidade bentônica e em que tempo.

Os estudos desenvolvidos sobre comunidades faunísticas bentônicas de substrato inconsolidado neste projeto de monitoramento da plataforma continental do Rio Doce tem descrito a estrutura destas comunidades numa abordagem espaço-temporal, identificando alterações que evidenciem respostas a fatores abióticos. A utilização de níveis taxonômicos mais amplos (Filo, Ordem, Família), como adotada aqui, tem sido estabelecida na determinação de padrões de alteração de comunidades em resposta a impactos ambientais, por meio de análises ecológicas de natureza multivariada, desde os estudos de Warwick (1988). A partir de então, estudos se seguiram que reforçaram a eficiência destas categorias taxonômicas em evidenciar alterações na estrutura funcional ecológica das comunidades (ver Somerfield e Clarke, 1995; Olsgard et al., 1998; Sutcliffe et al., 2012).

As alterações descritas na composição faunística e abundância de espécies trazem consigo informações sobre a estrutura funcional ecológica destas comunidades. Em um ecossistema bentônico, os diferentes grupos taxonômicos da macrofauna possuem funções ecológicas específicas e a perda de organismos compromete o seu funcionamento (Snelgrove, 1997). Bremner et al (2003) ressaltaram que alterações nas espécies podem manter a funcionalidade ecológica da comunidade, entretanto, para se conhecer o processo de substituição de espécies e seu papel funcional no ambiente, são necessários estudos de longa duração em áreas impactadas. Estes estudos são fundamentais para se conhecer a capacidade de recuperação e a resiliência das espécies.

Os resultados sobre estrutura de comunidades apresentados durante este estudo de monitoramento como número e abundância de táxons, constituem critérios mensuráveis que definem a capacidade de resistência e resiliência dos grupos taxonômicos e fundamentam a recuperação de um ambiente, como proposto por Duarte et al (2015). Gollner et al. 2017, em um estudo sobre resiliência de fauna em áreas de mineração do mar profundo, encontraram Mollusca, Polychaeta e Crustacea Isopoda como os organismos dominantes da macrofauna bentônica de substrato inconsolidado, em regiões ricas em oxido de manganês e oxihidroxido de ferro, no Pacífico. Os autores relataram que comunidades bentônicas impactadas, nestas áreas inóspitas, levam diferentes tempos para retomar as condições próximas àquelas anteriores aos eventos de impacto. Em 7 anos os autores registraram a recuperação de 85% da abundância da macrofauna, com organismos que se recuperaram mais rapidamente, atingindo 100% como Polychaeta, Tanaidaceae, Isopoda, Scaphopoda e Echinoidea, enquanto outros neste período atingiram 15-47% da abundância anterior ao impacto, como Cumaceae, Bivalvia, Gastropoda, Ophiuroidea. Os autores apontaram ainda para fatores determinantes na recuperação de áreas degradadas, como a vantagem de espécies com dispersão pelágica sobre outras sésseis; conectividade; histórica biológica; reprodução e comportamento larval.

Duarte et al (2015) reforçaram que a capacidade de recuperação da estrutura e função da comunidade bentônica está diretamente relacionada ainda às características, intensidade e frequência da pressão que levou à degradação. Nesta mesma linha, Washburn et al (2019) ressaltaram a importância de se conhecer as fontes dos riscos para que se possa avaliar os seus efeitos ecológicos, como no caso de mineração, cujos efeitos envolvem a alteração do ambiente, suspensão da pluma e disponibilização de contaminantes.

Duarte et al (2015) mencionaram ainda o processo de restauração, que se inicia com a remoção do fator estressante, o conhecimento sobre os seus efeitos na comunidade e sobre o processo natural de recuperação, para, então, se estabelecer ações paralelas que possam acelerar a recuperação do ambiente.

As questões chaves sobre a resistência e resiliência dos grupos taxonômicos, a recolonização das áreas impactadas pelos mesmos grupos funcionais e sobre os processos de recuperação ambiental, que foram levantadas aqui, só podem ser respondidas com estudos de longa duração sobre a estrutura funcional ecológica destas comunidades, e constituem o foco fundamental deste subprojeto de Bentos Marinho de Substrato Inconsolidado.

4 REFERÊNCIAS

ABSALÃO, R.S. 1991. Environmental discrimination among soft-bottom mollusc associations off Lagoa dos Patos, South Brazil. **Estuar. Coast. Mar. Sci.** 71-85.

AKOUMIANAKI, I., PAPASPYROU, S., KORMAS, K.R., NICOLAIDOU, A., 2012. Environmental variation and macrofauna response in a coastal area influenced by land runoff. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 132: 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.04.009>.

AMARAL, A.C., RIZZO, A.E., ARRUDA, E.P. 2005. **Manual de Identificação dos Invertebrados Marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil**. Volume 1, Ed. Universidade de São Paulo, 287 p.

BACHELET, G.; DAUVIN, J.C.; SOBRE, J.C. 2003. Na update checklist of marine and brackish water Amphipoda (Crustacea: Peracarida) of the Southern Bay of Biscay (NE Atlantic). **Cah. Bop. Mar.**, 44: 121-151

BEESELY P.L., ROSS, G.J.B., GLASBY, C.J. 2000. **Polychaetes & Aliens: The Southern Sysntehsis**. Fauna of Australia. Vol. 4A Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Euchiura, Sipuncula. CSIRO Publishing: Melbourne.

BERLANDI, R. M., FIGUEIREDO, M.A.O., PAIVA, P.C. 2012. Rhodolith morphology and the diversity of Polychaetes off the Southeastern Brazilian Coast. **J. Coast. Res.** (28) 1: 280-287.

BORJA, A., FRANCO, J., PEREZ, V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within european estuarine and coastal environments. **Mar. Pollut. Bull.** 40: 1100-1114.

BREMNER, J.; ROGERS, S. I.; FRID C. L. J. 2003. Assessing functional diversity in marine benthic ecosystems: a comparison of approaches. **Mar Ecol Prog Ser.** 254: 11–25.

CLOERN, J.E., 1987. Turbidity as a control on phytoplankton biomass and productivity in estuaries. **Cont. Shelf Res.** 7 (11–12): 1367–1380. [https://doi.org/10.1016/02784343\(87\)90042-2](https://doi.org/10.1016/02784343(87)90042-2).

- CONLAN, K.E. 1994. Amphipod crustaceans and environmental disturbance. A review. **J. Nat. Hist.** **28**: 519- 554.
- DAUVIN, J. C, B.; RUELLET, T. 2007. Polychaeta/amphipod ratio revisited. **Mar. Pollut. Bull.**, **55**: 215-224.
- DAUWE, B.; HERMAN, P.M.J.; HEIP, C.H.R. 1998. Community structure and bioturbation potencial of macrofauna at four North Sea stations cotrasting food supply. **Mar. Eco. Prog. Ser.**, **173**: 67-83.
- DE-LA-OSSA-CARRETERO J. A., DEL-PILAR-RUSO, Y., GIMÉNEZ-CASALDUERO, F., SÁNCHEZ-LIZASO J. L., DAUVIN, J.-C. 2011. Sensitivity of amphipods to sewage pollution. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** **96**: 129-138.
- DELORME, L. D. 2001. Ostracoda. **In**: THORP, J. H.; COVICH. A. P.(eds) Ecology and classification of north American freshwater invertebrates. 2d. Ed. San Diego, California. Academic Press. p.811-842.
- DESCHIENS
- DIETL, G.P.; DURHAM, S.R.; SMITH, J.A.; TWEITMANN, A. 2016. Mollusk Assemblages as Records of Past and Present Ecological Status. **Front. Mar. Sc.** **3**: 169.
- DUARTE, C. A.; BORJA, A.; CARSTENSEN, J.; ELLIOTT, M.; KRAUSE-JENSEN, D.; MARBÀ, N. 2015. Paradigms in the Recovery of Estuarine and Coastal Ecosystems. **Estuaries and Coasts** **38 (4)**: 1202-1212. DOI: 10.1007/s12237-013-9750-9
- EDGAR, G.J.; MOORE, P.G. 1986. Macro-algae as habitats for motile macrofauna. **Biological Monographs** **4**: 255-277
- GRASSLE, J.F., MACIOLEK, N.J. 1992. Deep-sea species richness: regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. **Am. Nat.** **139**: 313-341.
- GOLLNER, S. et al. 2017. Resilience of benthic deep-sea fauna to mining activities. **Mar. Environm. Res.** **129**: 76-101
- GOMES, L.E.O., CORREA, L.B., SÁ, F. NETO, R.R., BERNARDINO, A, F. 2017. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, eastern Brazil. **Mar. Pollut. Bull.** **120(1-2)**: 28-36.
- GONÇALVES, E.M.; LANA, P.C. 1991. Padrões de distribuição de Bivalvia e Gastropoda na plataforma continental dos Estados de São Paulo e Paraná (24 S - 27 S). **Nerítica.** **6**: 73–92.
- HEARD, R. W.; HANSKNECHT, T.; LARSEN, K. 2004. **An illustrate identification guide to Florida Tanaidacea (Crustacea: Peracarida) occurring in depths of less than 200m.** State of Florida, Department of Environmental Protection, Talahassee, Annual Report for DEP Contract No. WM828, 163pp.
- HRS-BRENKO, M. The basket shell, *Corbula gibba* Olivi, 1792 (Bivalve Mollusks) as a species resistant to environmental disturbances: A review. **ACTA ADRIAT.**, **47 (1)**: 49 - 64, 2006.

HUTCHINGS, P. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. **Biodiversity and Conservation**. **7**: 1133-1145.

INGOLE, B., SIVADAS, S., NANAJKAR, M., SAUTYA, S., NAG, A., 2009. A comparative study of macrobenthic community from harbours along the central west coast of India. **Environmental Monitoring and Assessment** **154**: 135-146.

KATHIRESAN, K., BINGHAM, B.L. 2001. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. **Adv. Mar. Biol.** **40**: 81-251.

KIDWELL, S.M. 2007. Discordance between living and death assemblages as evidence for anthropogenic ecological change. **Proceedings da Academia Nacional de Ciências Nov 2007**, **104 (45)**: 17701-17706. DOI:10.1073 / pnas.0707194104

KNOK, G.A. 1977. The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities. **In**: Reish, D. & Fauchald, C, Essays on polychaetous annelids in memory of Dr. Olga Hartman. Los Angeles, Allan Hancock Foundation.

LOTZE HK, COLL M, MAGERA AM, WARD-PAIGE C, AIROLDI L. 2011. Recovery of marine 23 animal populations and ecosystems. **Trends in Ecology and Evolution** **26**: 595-605

MAGALHÃES, C. **Caracterização da comunidade de crustáceos Decapodos do Pantanal**. Mato Grosso do Sul: RAP, 2000. p.175-182 (Boletim de Avaliação Biológica).

MARTINS, R., SAMPAIO, L., RODRIGUES, A.M., QUINTINO, V., 2013. Soft-bottom Portuguese continental shelf polychaetes: diversity and distribution. **J. Mar. Syst.** **213–214**: 41–54. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.04.008>.

MATTHEWS-CASCON, H., BEZERRA, L. E. A., BARROSO, C. X., RABAYA, S. G., MOREIRA, A. K., ROCHA, V. P., SOARES, M. O. S. 2018. Marine benthic communities affected by the Doce River (southwestern Atlantic): Baseline before a mining disaster. **Marine Pollution Bulletin**, **135**: 1000–1006.

METRI, R. 2006. **Ecologia de um banco de algas calcárias da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC, Brasil**. (Tese) Universidade Federal do Paraná.

OLSGARD, F., BRATTEGARD T., HOLTHE, T. 2003. Polychaetes as surrogates for marine biodiversity: lower taxonomic resolution and indicator groups. **Biodivers. Conserv.** **12**: 1033-1049.

PAIXÃO, J.F., OLIVEIRA, O.M.C., DOMINGUEZ, J.M.L., COELHO, A.C.D., GARCIA, K.S., 2010. Relationship of metal content and bioavailability with benthic macrofauna in Camamu Bay (Bahia, Brazil). **Mar. Pollut. Bull.** **60**: 474–481 p. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.12.002>.

PIRES-VANIN, A.M.S. 1993. A macrofauna benthica da plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil. **Boletim Instituto Oceanográfico**, **10**: 137-158.

- PLEIJEL, F. 1983. On feeding of *Pholoe minuta* (Fabricius, 1870) (Polychaeta: Sigalionidae). **Sarsia**, **68**: 21-23.
- RITTSCHOF, D., MCCLELLAN-GREEN, P. 2005. Molluscs as multidisciplinary models in environment toxicology. **Mar. Pollut. Bull.** **5**: 369–373.
- ROCHA, C.A.; MARTINS, I.X. 1998. Estudo da malacofauna bentônica da plataforma continental do litoral oeste do Estado do Ceará, Brasil. **Arq. Cienc. Mar.** **31**: 65-72.
- RODRIGUES, C. W. 2009. **Composição e distribuição dos Amphipoda (Crustacea: Peracarida) na plataforma continental entre São Sebastião e Peruíbe (São Paulo, Brasil)**. Dissertação de mestrado. Instituto Oceanográfico de São Paulo. 143 pp.
- ROUSE, G.W., PLEIJEL, F. 2001. **Polychaetas**. New York. Oxford.
- RUTA, C. 1999. **Padrões de distribuição espaço-temporal dos anelídeos poliquetas da plataforma continental ao largo da Restinga de Massambaba, RJ**. (Dissertação) Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- RYU JONGSEONG, JONG SEONG KHIM, SEONG-GIL KANG, DAESEOK KANG, CHANG-HEE LEE, CHUL-HWAN KOH. 2011. The impact of heavy metal pollution gradients in sediments on benthic macrofauna at population and community levels. **Environmental Pollution** **159**: 2622 – 2629.
- SAVAGE, C.; FIELD, J.G.; WARWICK, R. M. 2001. Comparative meta-analysis of the impact of offshore marine mining on microbenthic communities versus organic pollution studies. **Mar Ecol Prog Ser.** **221**: 265–275.
- SIEG, J. 1986. Crustacea Tanaidacea of the Antarctic and Subantarctic 1. On the material collected at Tierra del Fuego, Isla de los Estados, and the West Coast of the Antarctic Peninsula. Pp. 180. In: L. S. Kornicker (ed), *Biology of the Antarctic Seas, XVIII*. Antarctic Research Series, 45. 186pp.
- SILVA, A. F. 2014. **Distribuição dos moluscos bentônicos e sua relação com o sedimento na plataforma continental da região semiárida do Nordeste do Brasil**. (Tese) Universidade Federal Do Ceará.
- SIVADAS, S., INGOLE, B., NANAJKAR, M. 2011. Benthic polychaetes as good indicators of anthropogenic impact. **Indian J. Mar. Sci.** **39**: 201-211.
- SMITH, S.D.A.; SIMPSON, R.D. 1992. Monitoring the shallow sublittoral using the fauna of kelp (*Ecklonia radiata*) holdfasts. **Marine Pollution Bulletin**, **24**: 46-52.
- SNELGROVE, P. V. R. 1997. The Importance of Marine Sediment Biodiversity in Ecosystem Processes. **Ambio**, **26 (8)**: 578-583.

- SOARES–GOMES, A.; PIRES–VANIN, A.M. 2003. Padrões de abundância, riqueza e diversidade de moluscos bivalves na plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil: uma comparação metodológica. **Rev. Bras. Zoo.** **20**:717–725.
- SOMERFIELD, P. J.; CLARKE K. R. 1995. Taxonomic levels, in marine community studies, revisited. **Mar Ecol Prog Ser.** **127**: 113-119.
- SUTCLIFFE, P. R.; PITCHER, C. R.; CALEY, M. J.; POSSINGHAM, H. P. 2012. Biological surrogacy in tropical seabed assemblages fails. **Ecological Applications**, **22**: 1762–1771.
- THIEL, M.; GONZALES, E.R; BALANDA, M.J.; HAYE, P.; HEARD, R.; WATLING, L. 2003. Diversity of Chilean peracarids (Crustacea; Malacostraca). **Constr. Study East Pac. Crust.** **2.**, **2**:1-13
- THOMAS, J.D.1993. Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators. **J. Nat. Hist.**, **27**: 797-806.
- VANNIER, J.; ABE, K.; IKUTA, K. 1988. Feeding in myodocopid ostracods: functional morphology and laboratory observations from vídeos. **Mar. Biol.**, **132**: 391-408.
- WARD, T., HUTCHINGS, P.A. 1996. Effects of trace metals on infaunal species composition in polluted intertidal and subtidal marine sediments near a lead smelter, Spencer Gulf, South Australia. **Mar. Ecol. Progr. Ser.** **135**: 123-35.
- WARWICK, R. M. 1988. Analysis of community attributes of the macrobenthos of Frierfjord/Langesundfjordat taxonomic levels higher than species. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** **6**: 167-170.
- WARWICK, R. M.; CLARKE, K. R. 1993. Comparing the severity of disturbance: a metaanalysis of marine macrobenthic community data. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** **92**: 221-231
- WASHBURN, T. W. et al. 2019. Ecological risk assessment for deep sea mining. **Ocean and Coastal management**, **176**: 24-39.
- YU, OH.; SUH, H.L.; SHIRAYAMA, Y. 2003. Feeding ecology of three amphipod species *Synchelidium lenorostralum*, *S. trioostegitum* and *Gitanopsis japônica* in the surf 6: 167-170, 1 of a Sandy shore. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** **258**: 189-199.
- ZALMON, I.R., REZENDE, C.E., VELOSO, V.G., SALLORENZO, I., PARANHOS, R., FALCÃO, A.P., ALMEIDA, T.C.M. 2015. Influence of estuarine dynamics on macrobenthos spatial variability along the southeast continental shelf of Brazil. **Sci. Mar.** **79 (3)**: 379–391. <https://doi.org/10.3989/scimar.04196.18A>.