

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

**RELATÓRIO SEMESTRAL – SEÇÃO 3:**

**Anexo 4 – Praias**

**RT-08 RRDM/JUN19**

**Coordenação Geral**

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

Jorge Abdala Dergam dos Santos

Vitória,

Junho de 2019

## COORDENAÇÕES

### COORDENAÇÕES POR ANEXO

#### **Anexo 4**

Jacqueline Albino (UFES)

#### **Subprojeto: Bentos**

Karla Costa (UFES)

#### **Subprojeto: Geoquímica**

Maria Tereza Carneiro (UFES)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>SUBPROJETO: MORFODINÂMICA.....</b>	<b>14</b>
1.1	OBJETIVO .....	14
1.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
1.2.1	<b>Descrição e processos morfodinâmicos na área de estudo.....</b>	<b>16</b>
1.2.2	<b>Resultados.....</b>	<b>20</b>
1.2.3	<b>Compartimentação morfodinâmica .....</b>	<b>46</b>
1.3	CONCLUSÃO .....	51
1.4	REFERÊNCIAS .....	52
<b>2</b>	<b>SUBPROJETO: GEOQUÍMICA .....</b>	<b>54</b>
2.1	OBJETIVO .....	54
2.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
2.2.1	<b>Fração pseudo total.....</b>	<b>56</b>
2.2.2	<b>Fração biodisponível.....</b>	<b>69</b>
2.3	CONCLUSÃO.....	71
2.4	REFERÊNCIAS .....	73
<b>3</b>	<b>SUBPROJETO: BENTOS .....</b>	<b>74</b>
3.1	OBJETIVO .....	74
3.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	74
3.2.1	<b>Macrofauna.....</b>	<b>74</b>
3.2.2	<b>Meiofauna .....</b>	<b>83</b>
3.2.3	<b>Nematofauna .....</b>	<b>91</b>
3.3	DADOS PRETÉRITOS.....	101
3.4	CONCLUSÃO.....	108
3.5	REFERÊNCIAS .....	110
3.6	APÊNDICE I .....	115

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das estações amostrais. Estação S1 Praia Mole incluída no monitoramento a partir de dezembro de 2018. ....	16
Figura 2: Inclinação média e diâmetro médio na porção norte da desembocadura do Rio Doce, de Urussuquara a Guriri. ....	19
Figura 3: Histogramas direcionais de período (Tm) e altura (Hm) médias diárias entre 30 de janeiro de 2008 e 12 de fevereiro de 2019. Dados modelados com base no modelo de previsão NWW3 com resolução de cerca de 50 km. ....	21
Figura 4: Histograma direcional da altura média diária (Hm) entre 30 de janeiro de 2008 e 12 de fevereiro de 2019. Dados modelados com base no modelo de previsão NWW3 com resolução de cerca de 50 km. ....	22
Figura 5: Histograma direcional do período médio diário (Tm) entre 30 de janeiro de 2008 e 12 de fevereiro de 2019. Dados modelados com base no modelo de previsão NWW3 com resolução de cerca de 50 km. ....	23
Figura 6: Altura significativa, direção e período de pico das ondas correspondentes ao período da campanha 01 incluindo três dias antecedentes aos levantamentos de campo. ....	24
Figura 7: Altura significativa, direção e período de pico das ondas correspondentes ao período da campanha 02 incluindo três dias antecedentes aos levantamentos de campo. ....	24
Figura 8: Teores de carbonato e minerais pesados nas praias em estudo nos meses de setembro /2018 e dezembro/2018. Observou-se teores de carbonato variando de 40% a 80% nas estações S1, S2 e S3, predominantemente biosiliciclásticas, e inferiores a 20% entre as estações S4 e N5, essencialmente siliciclásticas. Nas praias siliciclásticas, no entanto, observou-se um aumento no teor de carbonato na profundidade de 10 m. As maiores concentrações de minerais pesados foram observadas nas praias ao norte da desembocadura do Rio Doce. Estações: S1 - Praia Mole; S2 - Praia Formosa; S3 - Praia de Putiri; S4 - Barra do Riacho; S5 - Comboios; S6 - Regência; N1 - Povoação; N2 - Degredo; N3 - Pontal do Ipiranga; N4 - Barra Nova; N5 - Guriri. Estação S1 e ponto 'Face superior' passaram a ser coletados a partir da campanha de dezembro/2018. ....	25
Figura 9: Diâmetro médio, desvio padrão e assimetria das areias nos meses de setembro/2018 e dezembro/2018. De maneira geral, as estações S2 e S3 apresentaram areias médias a finas, com moderado a bom grau de seleção e assimetria entre -0,63 e 0,075. A partir da estação S4, observou-se o afinamento das areias, que variaram entre areias grossas a muito finas, com moderado a bom grau de seleção e assimetria entre -0,63 e 0,27. Estações: S1 - Praia Mole; S2 - Praia Formosa; S3 - Praia de Putiri; S4 - Barra do Riacho; S5 - Comboios; S6 - Regência; N1 - Povoação; N2 - Degredo; N3 - Pontal do Ipiranga; N4 - Barra Nova; N5 - Guriri. Estação S1 e 'Face superior' passaram a ser coletados a partir da campanha de dezembro/2018. ....	26

Figura 10: Grau de arredondamento dos grãos de quartzo nas praias em estudo, analisados para a campanha de setembro/2018 nas frações de areias média e fina. Grãos angulosos e sub-angulosos foram observados com maior frequência em todas as estações, com valores mais elevados nas estações N3, N4 e N5. Grãos sub-arredondados e arredondados apresentaram maior ocorrência nas estações ao sul da desembocadura do Rio Doce. Estações: S1 - Praia Mole; S2 - Praia Formosa; S3 - Praia de Putiri; S4 - Barra do Riacho; S5 - Comboios; S6 - Regência; N1 - Povoação; N2 - Degredo; N3 - Pontal do Ipiranga; N4 - Barra Nova; N5 - Guriri. Estação S1 passou a ser coletada a partir da campanha de dezembro/2018..... 27

Figura 11: Potencial horizontal da inundação nas praias. Extensão total do perfil, considerando o início do marco geodésico, situado entre cordões vegetados, até o nível médio do mar (em metros); extensão da praia propriamente dita e extensão horizontal do espraiamento máximo nos dias que precederam ao levantamento topográfico. Praias com pequenas faixas arenosas tendem a inunda es quase completas da faixa praia, possibilitando, em algumas esta es, o alcance do espraiamento das ondas nas dunas ou cordões vegetados (restingas). ..... 34

Figura 12: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o S1. Nível médio do mar (NM)..... 36

Figura 13: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o S2. Nível médio do mar (NM)..... 37

Figura 14: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o S3. Nível médio do mar (NM)..... 38

Figura 15: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o S4. Nível médio do mar (NM)..... 39

Figura 16: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o S5. Nível médio do mar (NM)..... 40

Figura 17: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o S6. Nível médio do mar (NM)..... 41

Figura 18: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o N1. Nível médio do mar (NM)..... 42

Figura 19: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o N2. Nível médio do mar (NM)..... 43

Figura 20: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o N3. Nível médio do mar (NM)..... 44

Figura 21: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Esta o N4. Nível médio do mar (NM)..... 45

Figura 22: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação N5. Nível médio do mar (NM).....	46
Figura 23: Exemplificação do compartimento das praias com terraços de abrasão. Estação S2 - Praia Formosa. Fotos: dezembro, 2018 .....	47
Figura 24: Exemplificação do subcompartimento da planície deltaica do rio Doce. Estação S5 - Praia de Comboios. Fotos: abril, 2019. ....	48
Figura 25: Exemplificação do subcompartimento da planície deltaica do rio Doce. Estação N5 - Praia de Guriri. Fotos: dezembro, 2018.....	49
Figura 26: Relação entre profundidade de fechamento, altura da berma da praia e altura de alcance do espraiamento da onda na face da praia, como reflexo da energia da onda que chega na orla costeira. ....	49
Figura 27: Relação entre o diâmetro granulométrico mediano e a inclinação da face praial. ....	50
Figura 28: Localização das estações amostrais. Estação S1 Praia Mole incluída no monitoramento a partir de dezembro de 2018. ....	55
Figura 29: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia Formosa (S2). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma Testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; I10: Isóbata 10 metros. ....	57
Figura 30: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Putiri (S3). BTF3: Berma testemunho facie 3 (30 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (90 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; I12: Isóbata 12 metros. ....	57
Figura 31: Localização das estações amostrais praia Formosa (S2) e Putiri (S3) em relação à foz do rio Piraquê Açu.....	58
Figura 32: Estações amostrais ao longo da Terra Indígena e Reserva Biológica de Comboios. ....	59
Figura 33: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Barra do Riacho (S4). BTF3: Berma testemunho facie 3 (30 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (90 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; I6: Isóbata 6 metros; I10: Isóbata 10 metros.....	60
Figura 34: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Comboios (S5). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma Testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I8: Isóbata 8 metros; I10: Isóbata 10 metros. ....	60

Figura 35: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Regência (S6). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I14: Isóbata 14 metros; I16: Isóbata 16 metros. .... 61

Figura 36: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Povoação (N1). BTF3: Berma testemunho facie 3 (30 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (90 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I6: Isóbata 6 metros; I10: Isóbata 10 metros..... 63

Figura 37: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Degredo (N2). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I5: Isóbata 5 metros; I10: Isóbata 10 metros. .... 63

Figura 38: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Pontal do Ipiranga (N3). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I5: Isóbata 5 metros; I10: Isóbata 10 metros. .... 63

Figura 39: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Barra Nova (N4). BTF5: Berma testemunho facie 5 (20 cm); BTF4: Berma testemunho facie 4 (40 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (60 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (80 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (100 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I5: Isóbata 5 metros; I10: Isóbata 10 metros..... 64

Figura 40: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Guriri (N5). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I5: Isóbata 5 metros; I10: Isóbata 10 metros. .... 64

Figura 41: Concentração de Fe e Al, em mg kg<sup>-1</sup>, nas amostras de sedimento submerso. S2-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral S2; S3-I12: amostra coletada na isóbata de 12 metros na estação amostral S3; S4-I6: amostra coletada na isóbata de 6 metros na estação amostral S4; S4-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral S4; S5-I8: amostra coletada na isóbata de 8 metros na estação amostral S5; S5-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral S5; S6-I14: amostra coletada na isóbata de 14 metros na estação amostral S6; S6-I16: amostra coletada na isóbata de 16 metros na estação amostral S6; N1-I6: amostra coletada na isóbata de 6 metros na estação amostral N1; N1-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N1; N2-I5: amostra coletada na isóbata de 5 metros na estação amostral N2; N2-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N2; N3-I5: amostra coletada na isóbata de 5 metros na estação amostral N3; N3-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação

amostral N3; N4-I5: amostra coletada na isóbata de 5 metros na estação amostral N4; N4-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N4; N5-I5: amostra coletada na isóbata de 5 metros na estação amostral N5; N5-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N5. ....	65
Figura 42: Porcentagem de variância explicada por cada componente principal. ....	66
Figura 43: Gráfico PCA: Scores. ....	67
Figura 44: Gráfico PCA: Loadings. ....	67
Figura 45: Variâncias dos elementos químicos na PCA. ....	68
Figura 46: Gráfico PCA para as amostras submersas: Scores. ....	68
Figura 47: Gráfico PCA para as amostras submersas: Loadings.....	69
Figura 48: Porcentagem de extração dos elementos químicos biodisponíveis em relação à fração pseudo total nas amostras de sedimento das praias Formosa (S2), Putiri (S3), Barra do Riacho (S4), Comboios (S5), Regência (S6), Povoação (N1), Degredo (N2), Pontal do Ipiranga (N3), Barra Nova (N4) e Guriri (N5). ....	69
Figura 49: Registro fotográfico dos gêneros dominantes da macrofauna. A - Saccocirrus sp. (objetiva 10x); B – Excirolana braziliensis (objetiva 5x); C – Nemertea (objetiva 10x). Fotos NUBEM – AxioCam 305 Zeiss. Escala 50µm. ....	76
Figura 50: Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) da macrofauna entre as praias e as faixas. REF = praia refletiva; INT = praia intermediária; DIS = praia dissipativa. * = não amostrado. ....	78
Figura 51: Riqueza média ( $\pm$ desvio padrão) da macrofauna entre as praias e as faixas. REF = praia refletiva; INT = praia intermediária; DIS = praia dissipativa. * = não amostrado. ....	79
Figura 52: Diversidade média ( $\pm$ desvio padrão) da macrofauna entre as praias e as faixas. REF = praia refletiva; INT = praia intermediária; DIS = praia dissipativa. * não amostrado. ....	80
Figura 53: Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) dos táxons mais abundantes da Macrofauna. REF = praia refletiva; INT = praia intermediária; DIS = praia dissipativa. ....	82
Figura 54: Gráfico de (nMDS) da macrofauna bentônica. ● = praia refletiva; ○ = praia dissipativas; ● = praia intermediária.....	82
Figura 55: Registro fotográfico dos grupos taxonômicos dominantes da meiofauna. A – Nematoda (objetiva 100x); B – Copepoda (objetiva 20x); C – Oligochaeta (objetiva 10x). Fotos NUBEM – AxioCam 305 Zeiss. Escala 50µm. ....	84
Figura 56: Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) da meiofauna entre as praias e faixas. * = não amostrado. DIS = dissipativo, INT = intermediário, REF = refletivo. ....	86

Figura 57: Riqueza média ( $\pm$ desvio padrão) da meiofauna entre as praias e faixas. * = não amostrado. DIS = dissipativo, INT = intermediário, REF = refletivo.....	87
Figura 58: Diversidade média ( $\pm$ desvio padrão) da meiofauna entre as praias e faixas. * = não amostrado. DIS = dissipativo, INT = intermediário, REF = refletivo. ....	88
Figura 59: Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) dos grupos taxonômicos mais abundantes na meiofauna. DIS = dissipativo, INT = intermediário, REF = refletivo.....	89
Figura 60: Gráfico de (nMDS) da meiofauna bentônica. ● = praia refletiva; □ = praia dissipativas; ○ = praia intermediária. Contorno em verde = 60% de similaridade; Contorno azul escuro = 70% de similaridade; Contorno azul claro = 80% de similaridade. ....	90
Figura 61: Registro fotográfico dos gêneros dominantes da nematofauna. A – Daptonema; B – Enoplalaimus; C – Pseudosteineria (objetivas 100x). Fotos NUBEM – AxioCam 305 Zeiss. Escala 50 $\mu$ m.....	92
Figura 62: Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) da Nematofauna entre as praias e faixas. *= não amostrado. DIS = Dissipativo. INT = refletivo. REF = refletivo. ....	94
Figura 63: Riqueza média ( $\pm$ desvio padrão) da Nematofauna entre as praias e faixas. *= não amostrado. DIS = Dissipativo. INT = refletivo. REF = refletivo. ....	95
Figura 64: Diversidade média ( $\pm$ desvio padrão) da Nematofauna entre as praias e faixas. *= não amostrado. DIS = Dissipativo. INT = refletivo. REF = refletivo. ....	96
Figura 65: Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) dos grupos taxonômicos mais abundantes da Nematofauna. DIS = Dissipativo. INT = refletivo. REF = refletivo. ....	97
Figura 66: Gráfico de (nMDS) da meiofauna bentônica. ● = praia refletiva; ○ = praia dissipativas; ● = praia intermediária. Contorno em verde = 40% de similaridade.....	98
Figura 67: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da macrofauna. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 – S-2015 refere-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; C- 2016; refere-se aos dados pretéritos do trabalho de conclusão de curso de Mauri, 2017. S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.....	102
Figura 68: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da macrofauna entre faixas. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 – S-2015 refere-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; C- 2016; refere-se aos dados pretéritos do trabalho de conclusão de curso de Mauri, 2017. S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.....	103

Figura 69: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da meiofauna. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 referem-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.....	105
Figura 70: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da nematofauna. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 referem-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.....	106
Figura 71: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da meiofauna entre faixas. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 referem-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.....	107
Figura 72: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S2-Formosa. ....	115
Figura 73: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação S2-Formosa. ....	116
Figura 74: Densidade relativa (%) dos táxons da Nematofauna identificados para estação S2-Formosa .....	117
Figura 75: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S3-Putiri. ....	118
Figura 76: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação S3-Putiri. ....	119
Figura 77: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação S3-Putiri. ....	120
Figura 78: : Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S4- Barra do Riacho. ....	120
Figura 79: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação S4-Barra do Riacho. ..	121
Figura 80: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação S4-Barra do Riacho. ....	122
Figura 81: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S5-Comboios. ....	123
Figura 82: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna na estação S5-Comboios.....	124
Figura 83: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna na Praia de Comboios. ....	125
Figura 84: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S6-Regência. ....	125
Figura 85: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação S6-Regência. ....	127
Figura 86: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação S6-Regência. ....	127
Figura 87: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação N1-Povoação. ....	128

Figura 88: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N1-Povoação. ....	129
Figura 89: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N1-Povoação. ....	130
Figura 90: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna na estação N2- Degredo.....	131
Figura 91: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N2-Degredo. ....	132
Figura 92: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N2-Degredo. ....	133
Figura 93: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação N3-Pontal do Ipiranga. .....	133
Figura 94: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N3-Pontal do Ipiranga.	135
Figura 95: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N3-Pontal do Ipiranga. .....	135
Figura 96: : Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação N4-Barra Nova. ....	136
Figura 97: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N4-Barra Nova. ....	137
Figura 98: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N4-Barra Nova. ....	138
Figura 99: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação N5-Guriri. ....	139
Figura 100: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N5-Guriri.....	140
Figura 101: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N5-Guriri. ....	141

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Caracterização sedimentológica geral das fácies da berma nos meses de setembro e dezembro de 2018. ....	27
Quadro 2: Caracterização dos estágios morfodinâmicos praias das estações durante as campanhas amostrais. TI: inundação total. ....	33
Quadro 3: Localização das estações amostrais para o monitoramento dos sistemas praias adjacentes à desembocadura do rio Doce (ANEXO 4). ....	55
Quadro 4: Abundância relativa (%) dos gêneros mais abundantes da Macrofauna em todas as praias e por faixa. SL – Supralitoral; MS – Mesolitoral Superior; MI – Mesolitoral Inferior; IL – Infralitoral. ....	75
Quadro 5: Abundância relativa (%) dos grupos taxonômicos da Meiofauna nas dez praias do monitoramento. (*NID – não identificado). SL – Supralitoral; MS – Mesolitoral Superior; MI – Mesolitoral Inferior; IL – Infralitoral. ....	84
Quadro 6: Abundância relativa (%) dos gêneros mais abundantes da Nematofauna em todas as praias e por faixa. ....	92
Quadro 7: Principais gêneros que contribuíram para a dissimilaridade entre praias de Regência, Formosa, Pontal do Ipiranga e Guriri. ....	98
Quadro 8: Índices biológicos da meiofauna dos períodos seco/2015 (pré-desastre) e seco/2018 (pós-desastre). ....	104
Quadro 9: Índices biológicos da nematofauna dos períodos chuvoso/2015, seco/2015 (pré-desastre) e seco/2018 (pós-desastre). ....	105
Quadro 10: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (N) (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S2- Formosa. ....	115
Quadro 11: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (N) (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S3-Putiri. ....	118
Quadro 12: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S4-Barra do Riacho. ....	121
Quadro 13: : Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S5-Comboios. ....	123

Quadro 14: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macorfauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S6-Regência. ....	126
Quadro 15: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macorfauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação N1-Povoação. ....	129
Quadro 16: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macorfauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a a estação N2-Degredo. ....	131
Quadro 17: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macorfauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a a estação N3- Pontal do Ipiranga. ....	134
Quadro 18: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macorfauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a a estação N4-Barra Nova. ....	137
Quadro 19: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m <sup>3</sup> , meiofauna e nematofauna= ind/10cm <sup>3</sup> ) e diversidade (H'log <sup>2</sup> ) para macorfauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação N5- Guriri. ....	139

## **1 SUBPROJETO: MORFODINÂMICA**

### **1.1 OBJETIVO**

O objetivo do subprojeto do Anexo 4 - MORFODINÂMICA é caracterizar a configuração morfológica e sedimentológica da praia e antepraia, sua dinâmica e configuração modal, com a finalidade de identificar o arcabouço fisiográfico para uma melhor compreensão dos processos biológicos sob diferentes condições oceanográficas e sua resposta a possíveis efeitos de alteração e contaminação dos sedimentos da praia e antepraia, assim como seus reflexos na macro e meiofauna por aporte de sedimentos e metais pesados provenientes da ruptura da Barragem de Mariana.

A capacidade de recuperação de uma praia após o aporte de lamas e rejeitos provenientes do acidente em questão depende do seu estado morfodinâmico, se refletivo, intermediário ou dissipativo, isto é, sua mobilidade e sedimentologia que atuam sobre a resiliência da praia e/ou sua capacidade de adaptação a uma nova condição morfodinâmica.

Praias refletivas se caracterizam por areias grossas, elevada declividade da zona de espraiamento-refluxo da onda, ausência ou reduzida largura da zona de surfe, e elevada permeabilidade. Tal característica se traduz em reduzida variabilidade do perfil praiial, elevada velocidade do refluxo da onda com capacidade de carrear de volta ao mar partículas de sedimentos mais finos (Short and Wright, 1984). Tem-se ainda boa oxigenação e renovação da água intersticial com remoção de contaminantes e prováveis metais, criando um ambiente favorável à meiofauna que, base da cadeia alimentar, habita os interstícios e superfície dos grãos de areia.

Praias dissipativas se situam no outro extremo dos estágios praiiais. São caracterizadas por areias finas e muito finas, baixíssima declividade da face praiial, refluxo da onda incompleto levando a uma saturação permanente de parte da face da praia, larga zona de surfe e elevada estabilidade morfodinâmica. Existe, portanto, uma tendência de maior retenção de contaminantes no ambiente praiial.

As praias intermediárias tendem a ser de areia média, presença de um ou mais bancos paralelos ou oblíquos à praia, gerando vários sub estágios, que ora se juntam ora se desprendem da praia levando a uma elevada variabilidade do perfil praiial, o que por sua vez pode levar ao soterramento de contaminantes e sua manutenção no pacote sedimentar da praia.

Para melhor entender os processos morfodinâmicos praiiais é necessário levar em conta que esse ambiente não se limita à praia exposta/emersa, mas inclui o prisma sedimentar submerso de transição da zona emersa para a plataforma continental interna que se caracteriza por um perfil que, do fundo marinho se eleva exponencialmente em direção à costa, traduzindo um aumento da capacidade de mobilização dos sedimentos até que tal mobilização se expressa em variações mensuráveis da profundidade, configurando a base do prisma praiial que na sua porção submersa forma a chamada antepraia (Swift, 1976, Cowell et al. 1999, Short, 1999). O limite do início desta mobilização se situa,

em praias expostas de alta energia, frequentemente em torno dos 10 metros de profundidade, e depende da altura e período das ondas, ou seja, do clima de ondas, e se expressa frequentemente por uma mudança notável na inflexão do perfil batimétrico. Praia e antepraia formam, portanto, uma unidade em que a troca de sedimentos de fundo e em suspensão ocorrem de modo continuado levando sedimentos de fundo e em suspensão para a praia por meio do espraiamento e refluxo da onda na face da praia (swash climate) e da praia para a antepraia através das correntes oscilatórias, longitudinais (longshore current) e de retorno (rip currents), estas últimas funcionam como correias de transporte de sedimentos e contaminantes da praia para a zona submarina.

A compreensão dos processos de transporte e mobilização da praia é alcançada então pelo conhecimento do clima de ondas, que são as forçantes iniciais dos processos costeiros, principalmente em litorais de micromaré, que atua no transporte e caracterização dos sedimentos e, por fim, na morfologia e tipologia da praia.

Desta forma, a fim de alcançar o objetivo proposto, o subprojeto MORFODINÂMICA Anexo 4, apresenta as seguintes metas até o momento desenvolvidas:

a) Caracterização multidecadal do clima de ondas regional

Esta etapa foi alcançada até o momento pelo processamento estatístico dos dados de 30 de janeiro de 2008 a 12 de fevereiro de 2019, com cálculo de médias, mínimas e máximas anuais, curvas de tendência e verificação da sazonalidade. Foram analisados os dados pré-campanha, referentes ao período de três meses antecedentes à campanha de setembro e ao período entre as campanhas de setembro e dezembro de 2018. Da mesma forma, foram analisados dados referentes ao período das duas campanhas já realizadas de 19 a 30/09/2018 e de 28/11 a 11/12/2018. As análises interdecadais ainda estão em processamento devido ao grande volume de dados envolvidos na caracterização da série histórica de 60 anos e algumas dificuldades técnicas, como a capacidade de processamento dos computadores utilizados, dificuldades estas que já estão sendo superadas.

b) Avaliação da morfologia e sedimentologia praial

Para alcançar este fim, o monitoramento dos perfis topobatimétricos foi realizado em setembro e dezembro de 2018, assim como coletas de sedimentos para a determinação da composição e granulometria das areias.

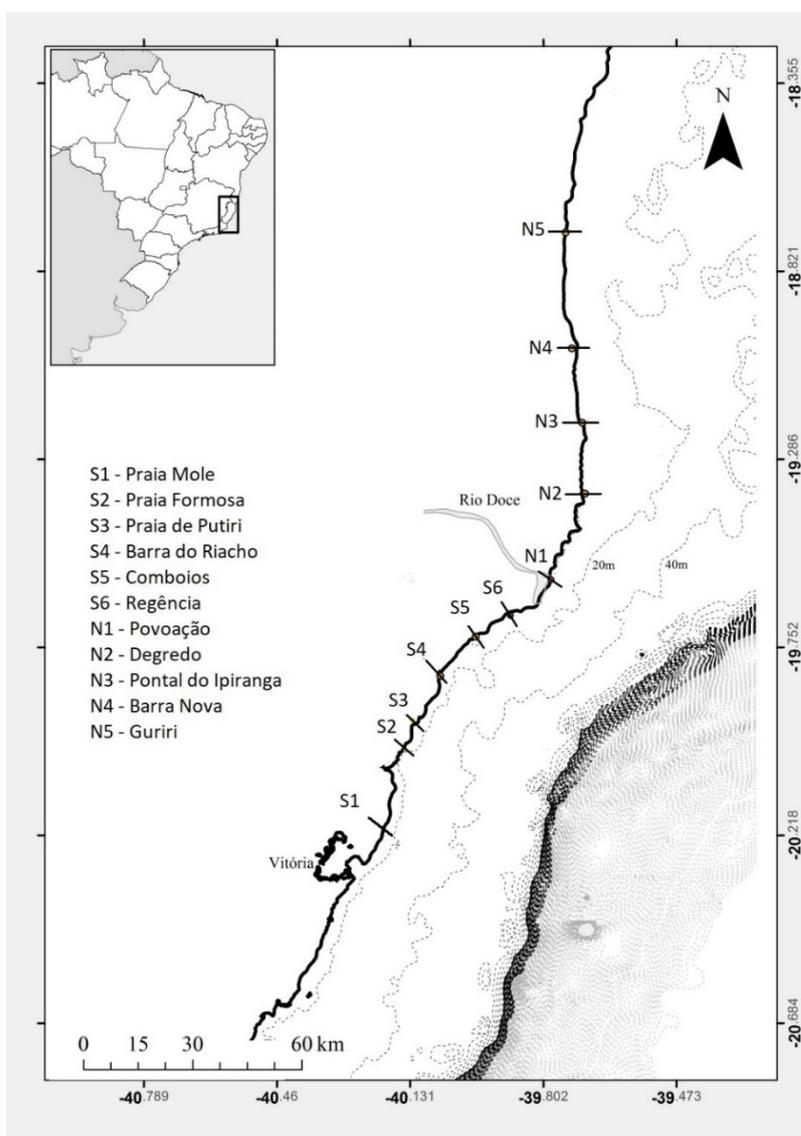
A partir destes dados foi determinado o estágio morfodinâmico das praias e o alcance máximo das ondas ao longo do perfil, a fim de discutir processos de inundação e/ou possível contaminação ao longo do perfil transversal.

## 1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.2.1 Descrição e processos morfodinâmicos na área de estudo

O recorte geográfico dos perfis de praia abrange dois compartimentos morfodinâmicos: a costa de falésias e terraços de abrasão (S1, S2 e S3) e a planície arenosa do rio Doce (S4 a N5). Segundo Martin et al. (1996), o primeiro compartimento é marcado por fraco desenvolvimento de planícies costeiras, enquanto que o segundo representa o maior registro de depósitos sedimentares quaternários do estado do Espírito Santo.

Figura 1: Localização das estações amostrais. Estação S1 Praia Mole incluída no monitoramento a partir de dezembro de 2018.



Nas praias associadas aos terraços de abrasão a atenuação das ondas ao longo da antepraia reduz a quantidade total de energia que chega à face da praia, favorecendo a formação de perfis praiais com maiores inclinações (Muñoz-Péres et al., 1999). Simultaneamente, os terraços de abrasão limitam o espaço de acomodação da praia, o que promove a acumulação vertical dos sedimentos junto à costa e a formação de perfis altos e estreitos (Albino et al., 2016).

Em relação ao estado morfodinâmico, essas praias apresentam características intermediárias a refletivas, na preamar, e dissipativas, na baixa-mar (Albino et al., 2016), semelhante ao estado morfodinâmico intermediário do tipo terraço de baixa-mar, proposto por Wright & Short (1984). Neste sentido, há o predomínio de arrebentação do tipo ascendente na face praiial e mergulhante na antepraia inferior, durante a preamar, e deslizando ao longo dos terraços de abrasão, durante a baixa-mar (Albino et al., 2016). Características completamente dissipativas são encontradas em praias expostas com menores gradientes e compostas por sedimentos finos (Albino et al., 2016).

Os processos de transformação das ondas pelos terraços de abrasão ainda inibem o transporte longitudinal de sedimento nestas praias, cuja variação topográfica é controlada principalmente pelas trocas transversais entre a praia emersa e a submersa (Albino, 1999; Albino et al., 2016). A atenuação das ondas, por sua vez, limita a amplitude e a variação das alturas das ondas que chegam à praia e, conseqüentemente, reduzem a variação topográfica dos perfis praiais em resposta às variações hidrodinâmicas (Ogawa et al., 2015, Albino et al., 2016).

Durante eventos de moderada à alta energia, a impermeabilidade dos terraços de abrasão reduz parte da infiltração do espraçamento, o que torna a praia mais propensa ao empilhamento das ondas junto à costa e ao transporte transversal em direção à antepraia (Jackson & Cooper, 2009). Além disso, a disposição irregular dos terraços de abrasão pode proporcionar a convergência das ortogonais de ondas, promovendo o aumento da energia praiial e a erosão de feições do pós-praia (Albino et al., 2001; 2006).

Em termos sedimentológicos, as praias associadas aos terraços de abrasão são compostas por areias mistas. Os componentes bioclásticos são provenientes da fragmentação de organismos carbonáticos, cujo desenvolvimento é proporcionado pela presença dos terraços de abrasão (Albino et al., 2016). Os componentes siliciclásticos podem ter a sua fonte associada à erosão dos tabuleiros da Formação Barreiras, a partir de entalhes fluviais e da ação das ondas sobre as falésias vivas que limitam as praias à retroterra.

Ao longo da evolução do compartimento da planície deltaica do Rio Doce há evidências morfoestratigráficas que destacam a atuação da deriva litorânea de sedimentos, da carga e descarga fluvial e das variações do nível do mar na sua evolução (Dominguez et al., 1981; Dominguez et al., 1983; Martin et al., 1996; Martin et al., 1997). Reconstituições paleográficas das cristas de praia durante a progradação holocênica sugerem discordâncias dos alinhamentos, decorrentes de episódios de inversões no sentido da deriva litorânea. Como resultado da freqüência direcional das ondas e de outros ajustes morfodinâmicos, o sentido preferencial da deriva é de sul para norte. As alternâncias na direção

das ondas incidentes ao longo da costa durante a evolução e nas últimas décadas do Rio Doce foi corroborada pela modelagem numérica realizada por Bittencourt et al. (2007) e Oliveira et al. (2015).

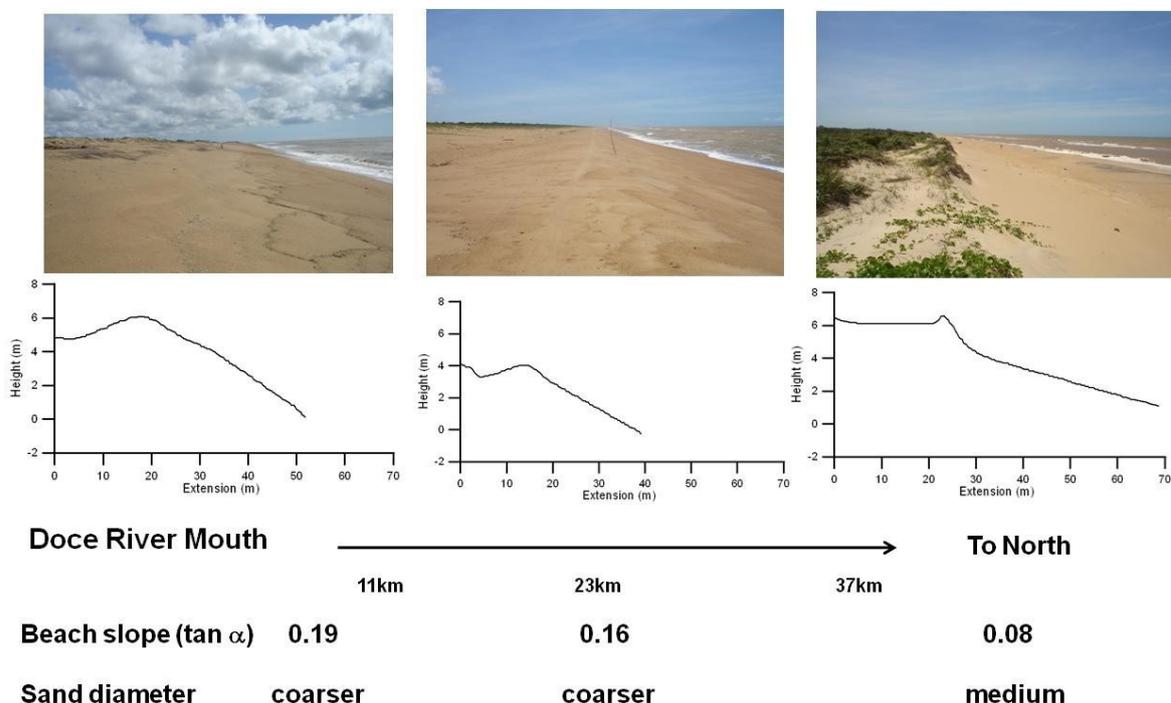
Os valores obtidos por Oliveira et al. (2015) indicam que o transporte longitudinal líquido de sedimentos pela ação das ondas, que ocorre essencialmente de sul para norte, varia espacialmente em magnitude entre 26.000 e 120.000 m<sup>3</sup>/ano. O volume total anual de sedimentos transportados varia espacialmente entre 50.000 e 190.000m<sup>3</sup>/ano.

Durante o outono e inverno ocorrem as maiores taxas de transporte longitudinal de sedimentos. A componente do transporte no sentido sul é maior ao sul do rio Doce, no entanto, representa no máximo 30% do transporte total anual de sedimentos. Ainda é nestas estações que o transporte líquido e a componente do transporte para norte são mais acentuadas. O transporte para sul apresenta valores aproximadamente uniformes ao longo do ano. Embora ocorram inversões sazonais no sentido do transporte longitudinal de sedimentos, estas não têm influência nos valores do transporte líquido que ocorre predominante no sentido norte.

As praias adjacentes ao rio Doce são extensas e diretamente influenciadas pela evolução da planície costeira, onde os sedimentos fluviais são continuamente fornecidos para a costa. No sentido sul, a partir da desembocadura, há o engrossamento das areias e aumento do grau de arredondamento (Albino e Suguio, 2010), as areias médias a grossas próximas ao rio Doce são substituídas por areias muito grossas rumo a Barra do Riacho com diminuição simultânea do arredondamento (Albino e Suguio, 2010). Por outro lado, a margem norte do rio Doce exhibe grãos siliciclásticos com menor arredondamento e grau de seleção, quando comparados com a margem sul, corroborando o transporte fluvial recente para norte e afinamento dos grãos rumo a Guriri.

Quanto à tipologia das praias, de maneira geral, têm-se praias intermediárias e refletivas, com declividade moderada e areias grossas e médias. A alta mobilidade sazonal de perfis nas proximidades da desembocadura reflete na tipologia de praia. A presença de bancos dissipativos perto da foz do rio provavelmente deve-se à incorporação de areias fluviais finas que reduzem o gradiente da antepraia. Já Barra do Riacho e Comboios apresentam areias mais grossas, alta inclinação, sem presença de bancos. Rumo ao norte, devido à deriva litorânea no transporte de sedimentos, praias intermediárias são observadas com gradientes da face menores (Figura 2).

Figura 2: Inclinação média e diâmetro médio na porção norte da desembocadura do Rio Doce, de Urussuquara a Guriri.



Fonte: Albino et al. (2016).

Praias dissipativas ocupam a porção mais setentrional da planície do Rio Doce e também são um lugar favorável para a formação de dunas. Como há abundante abastecimento de sedimentos e o vento leste é persistente e forte o suficiente para transportar a areia disponível, é possível encontrar dunas frontais ao longo desta seção, a maior atingindo 30 m de altura na aldeia turística de Itaúnas (próximo ao rio São Mateus) (Albino et al., 2016).

No tocante ao uso e ocupação do solo na área do monitoramento das praias no âmbito do Anexo 4, é importante ressaltar a existência de áreas protegidas, sob responsabilidade de órgãos distintos, na porção sul do rio Doce, a saber:

- Área de Proteção Ambiental (APA) de Praia Mole – Unidade estadual de uso sustentável (IEMA), criada em 1994 para atuar como zona de integração entre as áreas industrial, residencial, turística e de proteção de remanescentes de mata nativa.
- Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) do Degredo – Unidade municipal de uso sustentável, localizada em Linhares.
- Área de Proteção Ambiental (APA) Costa das Algas – Unidade Federal de uso sustentável (ICMBio), com foco no bioma marinho costeiro, foi criada em 2010 para proteger, dentre outras coisas, a diversidade biológica e os ambientes naturais, principalmente os fundos colonizados por algas, invertebrados e a fauna bentônica associada, as espécies residentes e migratórias, que utilizam a área para alimentação, reprodução e abrigo, os manguezais e vegetação costeira e as formações sedimentares bioclásticas e litoclásticas, importantes para a estabilidade da orla marítima.

- Refúgio de Vida Silvestre (Revis) de Santa Cruz – Unidade Federal de proteção integral (ICMBio). Assim como a APA Costa das Algas essa unidade protege, dentre outras coisas, a diversidade biológica e os ambientes naturais, principalmente os fundos colonizados por algas, invertebrados e a fauna bentônica associada, as espécies residentes e migratórias, que utilizam a área para alimentação, reprodução e abrigo, os manguezais e vegetação costeira e as formações sedimentares bioclásticas e litoclásticas, importantes para a estabilidade da orla marítima.

- Reserva Biológica (Rebio) de Comboios – Unidade Federal de proteção integral (ICMBio), criada em 1984 com o objetivo de proteger as tartarugas e seus locais de desova, onde inclusive se encontra uma base do Projeto TAMAR.

- Terra Indígena de Comboios – Terra tradicionalmente ocupada (FUNAI), cuja demarcação administrativa foi efetivada em 1983 para os Grupos Indígenas Tupiniquim.

As estações amostrais situadas na margem sul do rio Doce encontram-se inseridas nas referidas unidades, sendo S1 na APA Praia Mole, S2 tanto na Revis de Santa Cruz quanto na APA Costa das Algas, S3 na APA Costa das Algas, S4 e S5, a aproximadamente 30 km e 17 km ao sul da foz do rio Doce, respectivamente, ambas na Terra Indígena de Comboios e S6 na Rebio de Comboios, onde se encontra a base do Projeto Tamar, estando aproximadamente 7 km ao sul da foz do rio Doce.

Já ao norte do rio Doce destacam-se a Base do Projeto Tamar, em Guriri, próxima à estação amostral N5 e à ARIE do Degredo.

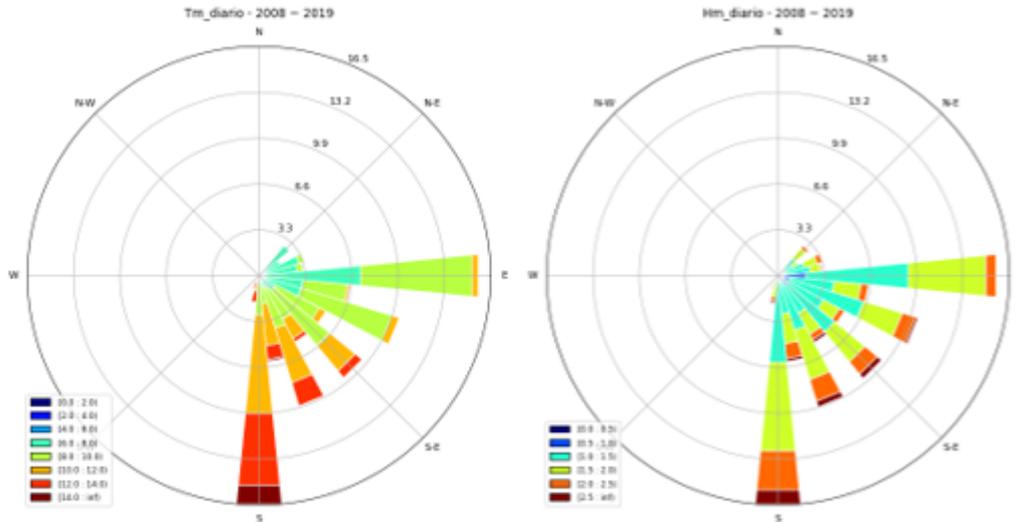
## **1.2.2 Resultados**

### **1.2.2.1 Ondas**

a) Análise do regime de ondas, de 30 de janeiro/2008 a 12 de fevereiro/2019.

O regime de ondas para a região da foz do rio Doce é composto por dois sistemas distintos, com ondas provenientes dos quadrantes S–SE e E–NE (Figura 3). O sistema de S–SE é o predominante e apresenta os maiores períodos de pico e maiores alturas significativas para a série histórica de 2008 a 2019. Ondas com períodos de pico menores que 10 s e alturas significativas menores que 1,5 m prevalecem oriundos das direções E–NE e ondas com períodos de pico maiores que 10 s e altura significativa maior que 1,5 m provenientes dos quadrantes S–SE. As ondas com maior energia, de regime extremo, apresentam período de pico de 18 s e altura significativa de 2,8 m. O regime de ondas médio apresenta período de pico de 9,7 s e altura significativa de 1,6 m.

Figura 3: Histogramas direcionais de período (Tm) e altura (Hm) médias diárias entre 30 de janeiro de 2008 e 12 de fevereiro de 2019. Dados modelados com base no modelo de previsão NWW3 com resolução de cerca de 50 km.

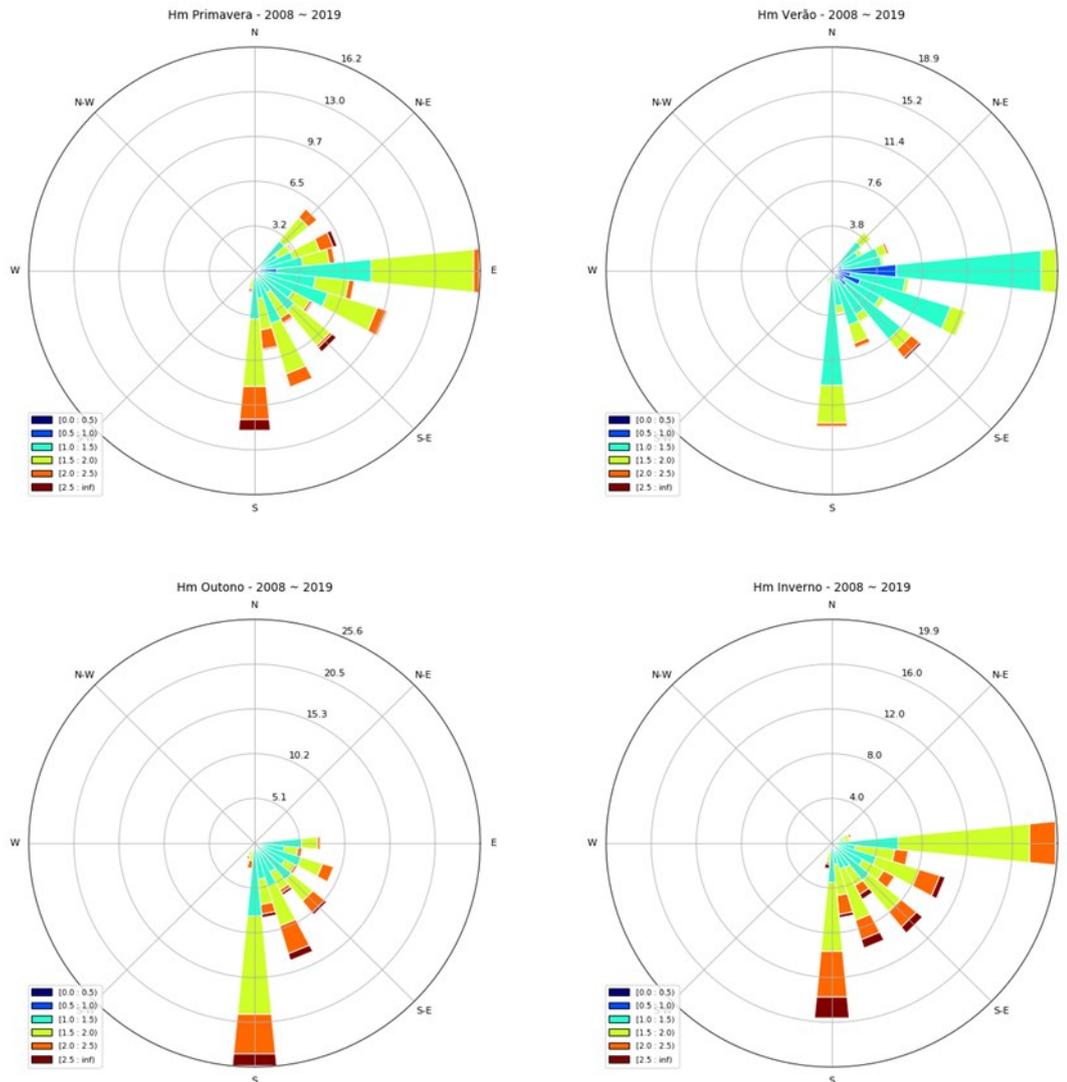


Fonte: autoria própria.

b) Análise sazonal do regime de ondas.

Sazonalmente ocorre uma alternância entre os sistemas E-NE e S-SE. Ondas menores provenientes de E-NE predominam no verão e na primavera sendo que no verão são observadas as menores alturas e períodos médios enquanto na primavera a atuação do sistema S-SE traz ondas com alturas significativas e período de pico maiores (Figura 4 e Figura 5). No outono e no inverno há maior incidência de ondas dos quadrantes S-SE, cerca de 70 % no outono e 50 % no inverno. Na primavera e no verão cerca de 60 % das ondas são provenientes dos quadrantes E-NE. As médias de altura significativa e período de pico também acompanham esta variação sazonal. Na primavera e no verão as médias de altura significativa são de 1,5 m na primavera e 1,2 m no verão e o período de pico médio é de 8 s para ambas as estações. No outono e no inverno as médias de altura e período são maiores, 1,6 m e 10 s no outono e 1,7 m e 9 s no inverno. Já as maiores ondas correspondentes a eventos extremos ocorrem principalmente no outono, os valores de alturas significativas e períodos de pico máximos atingem 4,3 m e 19 s, respectivamente. No inverno ocorrem ondas com alturas significativas e períodos de pico máximos de 3,9 m e 19 s e na primavera 3,4 m e 19 s enquanto no verão não passam de 2,8 m e 18 s. Ondas com maiores alturas e períodos provenientes de S-SE predominam principalmente no outono e no inverno, sendo que no outono ocorrem com mais frequência e no inverno com mais intensidade.

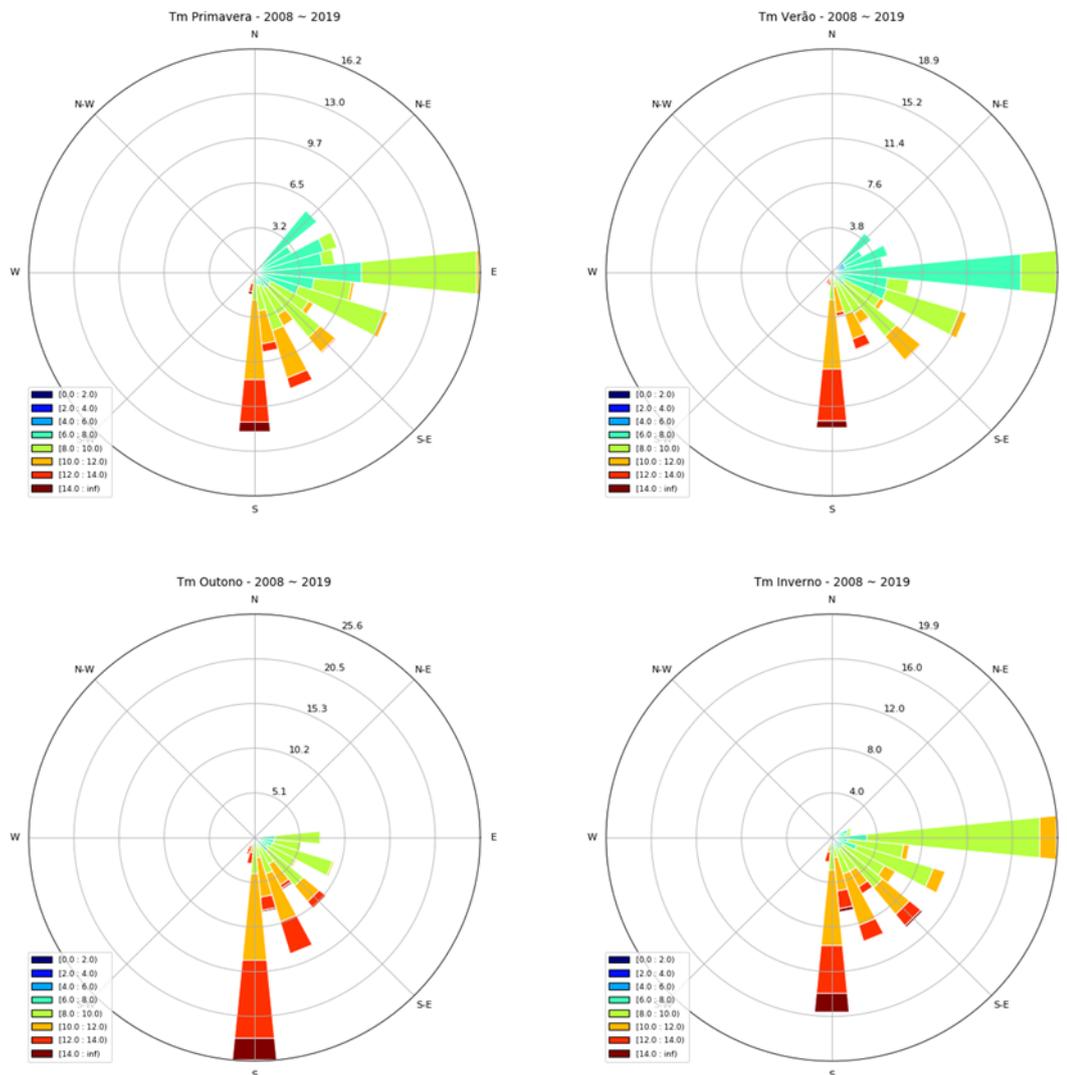
Figura 4: Histograma direcional da altura média diária (Hm) entre 30 de janeiro de 2008 e 12 de fevereiro de 2019. Dados modelados com base no modelo de previsão NWW3 com resolução de cerca de 50 km.



Fonte: autoria própria.

Regionalmente pode ocorrer uma variação deste regime para as ondas que atingem a costa com alturas significativas e períodos de pico maiores na região sul da foz do rio Doce entre 20°17'S e 19°50'S devido à morfologia da plataforma continental com cerca de 38 km de largura. Enquanto na região ao norte, entre 19°30' S e 18°43' S na porção sul do Banco de Abrolhos, a plataforma continental é mais larga com cerca de 200 km de extensão. Nesta região as ondas que chegam à costa podem apresentar alturas significativas e período de pico menores devido à propagação e interação com o leito marinho. Da mesma forma, as ondas provenientes de quadrantes distintos, E-NE e S-SE, interagem de maneira distinta com as praias nos setores norte e sul devido à orientação da linha de costa. Na região sul a linha de costa tem orientação para SE–SSE, entre 130° a 155° na região mais próxima à foz do Rio Doce, estando mais sujeita a atuação das ondas do sistema S–SE. Enquanto na região norte a linha de costa está orientada para E–ENE, entre 70° e 90°, mais sujeita a influência do regime E-NE.

Figura 5: Histograma direcional do período médio diário (Tm) entre 30 de janeiro de 2008 e 12 de fevereiro de 2019. Dados modelados com base no modelo de previsão NWW3 com resolução de cerca de 50 km.

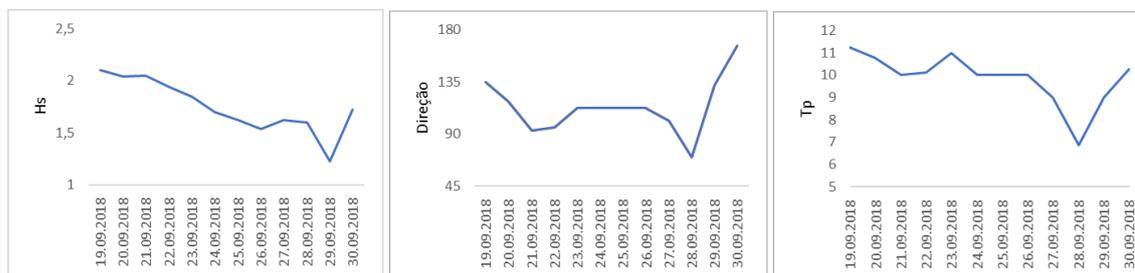


Fonte: autoria própria.

- Campanha 01 – de 19 a 30/09/2018

Durante a campanha de setembro de 2018 as ondas atingiram altura máxima de 2,5 m com período de até 14 s e direção variando de S a ENE. As ondas predominantes foram do quadrante E-SE, ocorrendo em 48 % do período dos levantamentos topobatimétricos, com altura significativa de 1,5 a 2,0 m e período de pico de 9 a 12 s (Figura 6).

Figura 6: Altura significativa, direção e período de pico das ondas correspondentes ao período da campanha 01 incluindo três dias antecedentes aos levantamentos de campo.

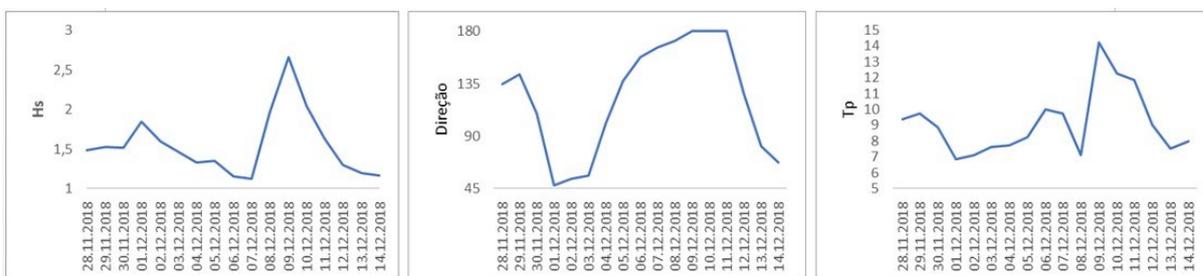


Fonte: autoria própria.

### - Campanha 03 – de 28/11/2018 a 14/12/2018

Durante a campanha de dezembro de 2018 as ondas atingiram altura máxima de 2,8 m com período de até 15 s e direção variando de S a NE. Houve predomínio das ondas de S em 38 % do período dos levantamentos topobatimétricos com alturas significativas de 1,0 a 1,5 m e período de 6 a 9 s. As ondas tiveram um comportamento bimodal com ondas de leste com altura significativa em torno de 1,5 m e período de pico entre 7 e 8 s no início da campanha (de 30/11 a 04/12). Ondas de sul com altura significativa de 1,8 m e período de pico entre 11 e 15 s predominaram no período de 07 a 12/12 (Figura 7).

Figura 7: Altura significativa, direção e período de pico das ondas correspondentes ao período da campanha 02 incluindo três dias antecedentes aos levantamentos de campo.



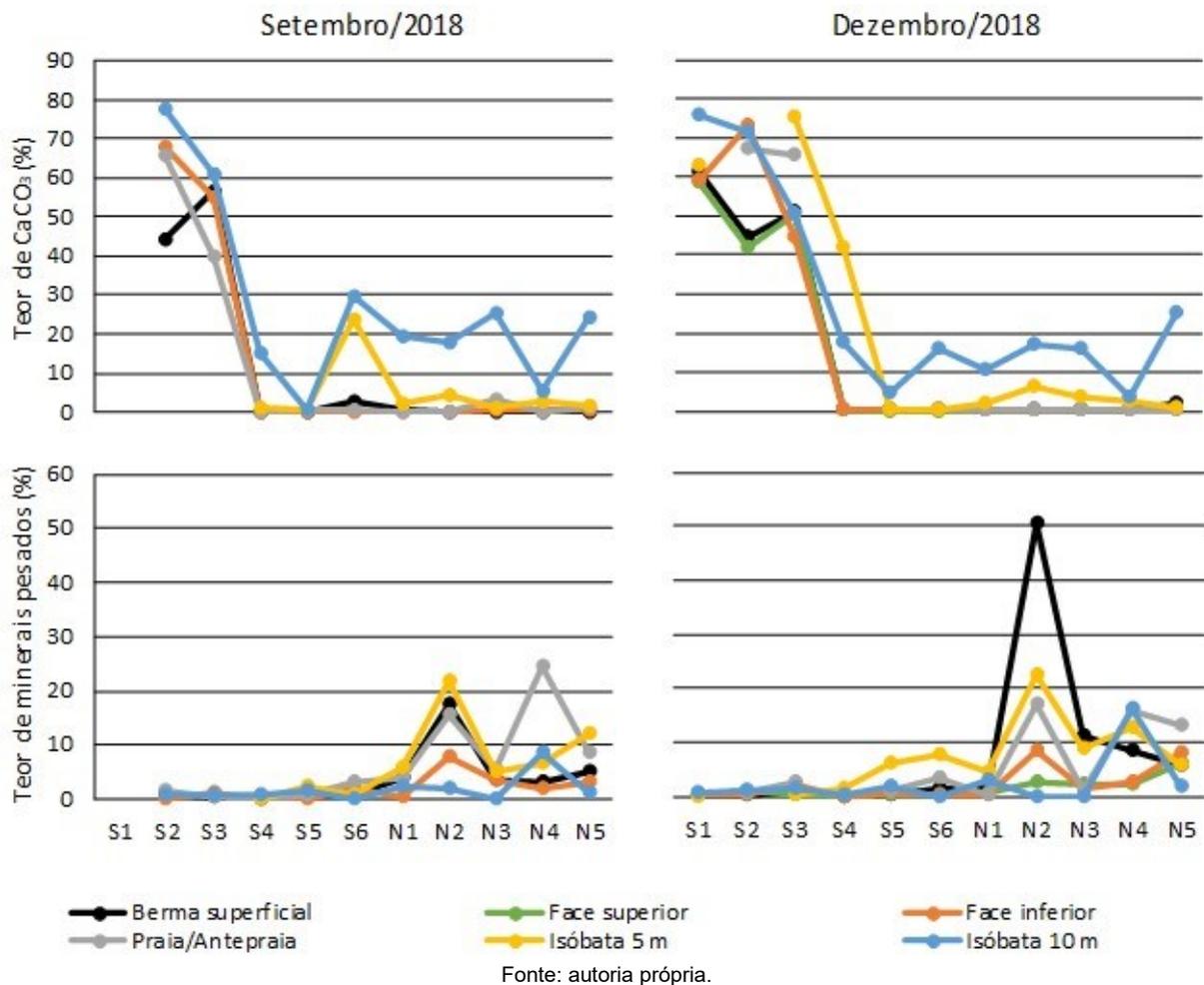
Fonte: autoria própria.

### 1.2.2.2 Sedimentologia

#### a) Composição e textura das areias

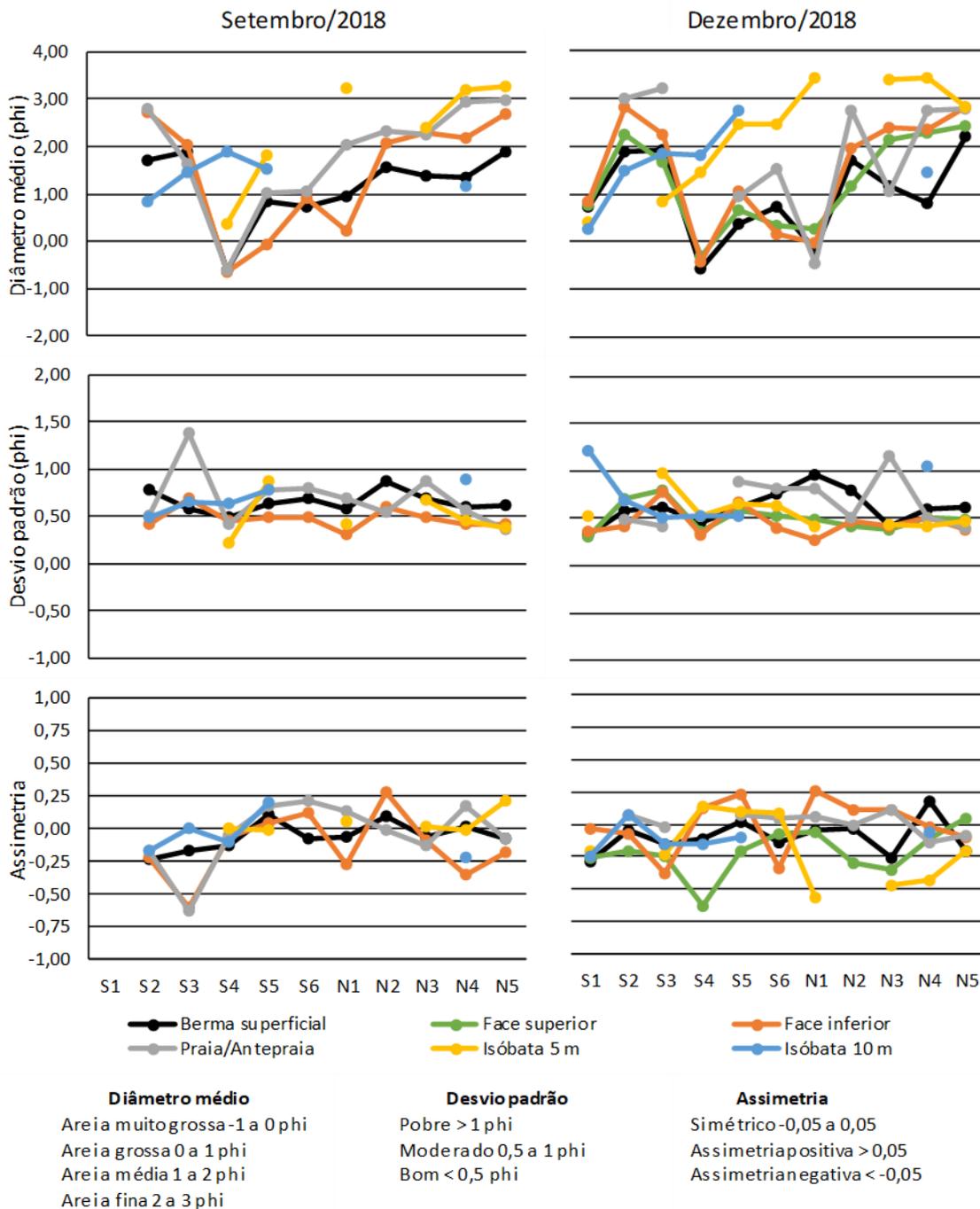
As Figura 8, Figura 9, Figura 10 e o Quadro 1 apresentam a caracterização composicional, granulométrica e textural das areias das praias em estudo, posteriormente apresentadas em maior detalhe.

Figura 8: Teores de carbonato e minerais pesados nas praias em estudo nos meses de setembro /2018 e dezembro/2018. Observou-se teores de carbonato variando de 40% a 80% nas estações S1, S2 e S3, predominantemente biosiliciclásticas, e inferiores a 20% entre as estações S4 e N5, essencialmente siliciclásticas. Nas praias siliciclásticas, no entanto, observou-se um aumento no teor de carbonato na profundidade de 10 m. As maiores concentrações de minerais pesados foram observadas nas praias ao norte da desembocadura do Rio Doce. Estações: S1 - Praia Mole; S2 - Praia Formosa; S3 - Praia de Putiri; S4 - Barra do Riacho; S5 - Comboios; S6 - Regência; N1 - Povoação; N2 - Degredo; N3 - Pontal do Ipiranga; N4 - Barra Nova; N5 - Guriri. Estação S1 e ponto 'Face superior' passaram a ser coletados a partir da campanha de dezembro/2018.



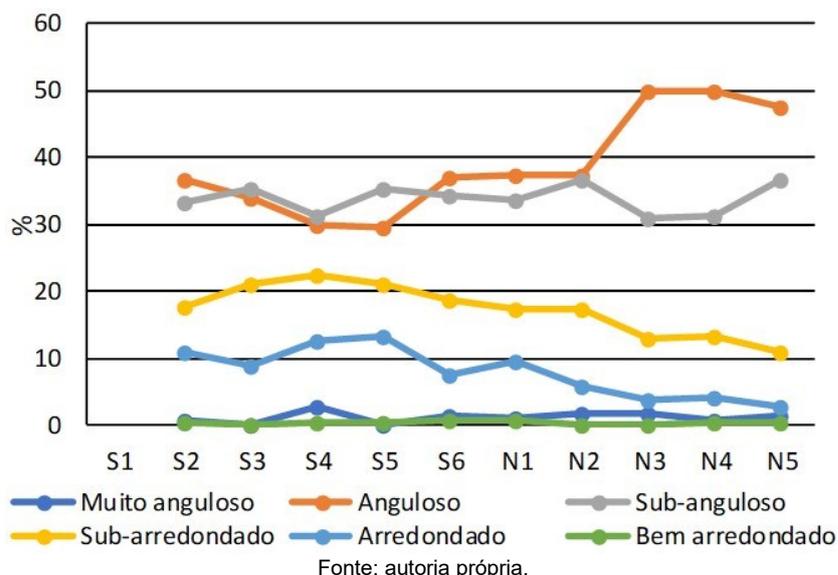
Fonte: autoria própria.

Figura 9: Diâmetro médio, desvio padrão e assimetria das areias nos meses de setembro/2018 e dezembro/2018. De maneira geral, as estações S2 e S3 apresentaram areias médias a finas, com moderado a bom grau de seleção e assimetria entre -0,63 e 0,075. A partir da estação S4, observou-se o afinamento das areias, que variaram entre areias grossas a muito finas, com moderado a bom grau de seleção e assimetria entre -0,63 e 0,27. Estações: S1 - Praia Mole; S2 - Praia Formosa; S3 - Praia de Putiri; S4 - Barra do Riacho; S5 - Comboios; S6 - Regência; N1 - Povoação; N2 - Degredo; N3 - Pontal do Ipiranga; N4 - Barra Nova; N5 - Guriri. Estação S1 e 'Face superior' passaram a ser coletados a partir da campanha de dezembro/2018.



Fonte: autoria própria.

Figura 10: Grau de arredondamento dos grãos de quartzo nas praias em estudo, analisados para a campanha de setembro/2018 nas frações de areias média e fina. Grãos angulosos e sub-angulosos foram observados com maior frequência em todas as estações, com valores mais elevados nas estações N3, N4 e N5. Grãos sub-arredondados e arredondados apresentaram maior ocorrência nas estações ao sul da desembocadura do Rio Doce. Estações: S1 - Praia Mole; S2 - Praia Formosa; S3 - Praia de Putiri; S4 - Barra do Riacho; S5 - Comboios; S6 - Regência; N1 - Povoação; N2 - Degredo; N3 - Pontal do Ipiranga; N4 - Barra Nova; N5 - Guriri. Estação S1 passou a ser coletada a partir da campanha de dezembro/2018.



Quadro 1: Caracterização sedimentológica geral das fácies da berma nos meses de setembro e dezembro de 2018.

Estações	Setembro/2018	Dezembro/2018
S1 - Praia Mole	Não coletado.	Areias predominantemente grossas, com moderado a bom grau de seleção. Teor de minerais pesados de 46,34% registrado na profundidade de 0,50 m.
S2 - Praia Formosa	Areias médias sobrepostas por areias finas, com moderado a bom grau de seleção.	Areias médias, com moderado grau de seleção.
S3 - Praia de Putiri	Areias muito grossas, com moderado a bom grau de seleção.	Areias predominantemente médias, com moderado a bom grau de seleção.
S4 - Barra do Riacho	Areias muito grossas, com bom grau de seleção.	Areias muito grossas, com bom grau de seleção.
S5 - Comboios	Areias predominantemente grossas, com moderado a bom grau de seleção.	Areias predominantemente grossas, com moderado a bom grau de seleção.
S6 - Regência	Areias grossas sobrepostas por areias médias, com moderado a bom grau de seleção.	Areias médias sobrepostas por grossas, com moderado a bom grau de seleção.
N1 - Povoação	Areias grossas, com moderado a bom grau de seleção.	Areias predominantemente grossas, com moderado a bom grau de seleção. Teor de minerais pesados de 33,40% registrado na profundidade de 0,40 m.

Estações	Setembro/2018	Dezembro/2018
N2 - Degredo	Areias médias, com moderado a bom grau de seleção. Teor de minerais pesados de 23,28% registrado na profundidade de 0,40 m.	Areias médias, com moderado a bom grau de seleção. Teor de minerais pesados de 18,87% registrado na profundidade de 0,40 m.
N3 - Pontal do Ipiranga	Areias médias, com moderado a bom grau de seleção. Teor de minerais pesados de 42,37% registrado na profundidade de 0,80 m.	Areias médias, com moderado a bom grau de seleção.
N4 - Barra Nova	Areias médias intercaladas por faixas de areias grossas, com moderado a bom grau de seleção.	Areias predominantemente médias, com moderado a bom grau de seleção.
N5 - Guriri	Areias finas sobrepostas por areias médias, com moderado grau de seleção. Teor de minerais pesados de 11,35% registrado na profundidade de 0,80 m.	Areias médias sobrepostas por areias finas com moderado grau de seleção.

\*\*De maneira geral, as fácies encontradas nas bermas apresentaram uniformidade sedimentológica com a berma superficial.

Fonte: autoria própria.

#### b) Descrição da sedimentologia por estação

##### - Estação S1 - Praia Mole

A praia Mole é composta por areias biosiliciclásticas, com teor médio de carbonato de 55% (Figura 8). As areias da praia foram classificadas como areias grossas a médias (0,25 a 1,31 phi), com distribuição granulométrica assimétrica negativa ou simétrica (-0,37 a 0,09) e moderado a bom grau de seleção (0,30 a 0,79 phi), exceto na profundidade de 15 m que apresentou pobre grau de seleção (1,22 phi) (Figura 9). Com relação à presença de minerais pesados, a praia apresentou teor mínimo de 0,06%, na profundidade de 5 m, e máximo de 46,34%, na fácies 'Berma Test. F3 0,50 m' (Quadro 1). Os minerais pesados de maior ocorrência correspondem aos minerais opacos (88,66%) e zircões (10,31%).

##### - Estação S2 - Formosa

A praia Formosa é composta por areias biosiliciclásticas, com teor médio de bioclastos de 55% (Figura 8). Os principais componentes são algas coralinas e moluscos, que representam cerca de 90% dos grãos bioclásticos identificados. Os componentes secundários são foraminíferos, briozoários e equinodermas (1 a 7% de ocorrência nas amostras). Ostracóides, tubos de verme e crustáceos apresentaram ocorrência inferior a 1%. Com relação à presença de minerais pesados, o teor mínimo registrado foi de 0,22%, na face inferior, e máximo de 1,64%, na interface praia/antepraia (Figura 8). Os principais minerais pesados identificados incluem os minerais opacos (86,75%), anfibólios (4,30%), zircões (3,31%) e turmalinas (3,31%).

As areias da praia foram classificadas como areias médias a finas (1,29 a 2,99 phi), com distribuição assimétrica negativa ou simétrica (-0,50 a 0,1) e moderado a bom grau de seleção (0,41 a 0,92 phi) (Figura 9). Foram observadas, no entanto, areias grossas na profundidade de 10 m (0,84 phi), em

setembro/2018, possivelmente associadas à proximidade da área fonte dos sedimentos bioclásticos, que tendem a engrossar a granulometria das areias (Figura 9). A distribuição granulométrica assemelha-se a descrita por Albino (1999) que observou diâmetro médio das areias variando entre 1,31 e 2,29 phi, desvio padrão entre 0,50 e 0,82 phi e assimetria entre -0,26 e 0,04.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observada uma maior frequência de grãos angulosos e sub-angulosos (Figura 10).

#### - Estação S3 – Putiri

A praia de Putiri é composta por areias biosiliciclásticas, com teor médio de carbonato de 55% (Figura 8). Os principais componentes das areias são algas coralinas e moluscos, que na maioria das amostras representaram cerca de 90% dos grãos bioclásticos. Os componentes secundários incluem foraminíferos, briozoários e equinodermas (2 a 18% de ocorrência nas amostras). Ostracóides, tubos de verme e crustáceos apresentaram ocorrência inferior a 3%. Com relação à presença de minerais pesados, o teor mínimo registrado foi de 0,20% na fácies 'Berma Test. F2 0,85 m' e máximo de 2,41% na face inferior. Os minerais pesados de maior ocorrência foram os minerais opacos (80,04%), turmalinas (6,36%), zircões (5,48%) e anfibólios (4,82%).

De maneira geral, as areias variaram entre areias médias a finas (1,46 a 2,28 phi), com simetria ou assimetria negativa (-0,63 a 0,01) e moderado a bom grau de seleção (0,42 a 0,98 phi), com exceção da interface praia/antepraia que apresentou pobre grau de seleção (1,37 phi) em setembro/2018 (Figura 9). Observou-se ainda em dezembro/2018 um afinamento das areias (3,22 phi) na praia/antepraia (Figura 9). A distribuição granulométrica apresentou o afinamento das areias em comparação ao observado por Albino (1999), que encontrou o diâmetro médio das areias variando entre 0,76 e 1,85 phi, desvio padrão entre 0,56 e 0,83 phi e assimetria entre - 0,42 e - 0,10.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observada maior frequência de grãos sub-angulosos e angulosos (Figura 10).

#### - Estação S4 - Barra do Riacho

A praia de Barra do Riacho é composta predominantemente por areias siliciclásticas, contudo observou-se um aumento no teor de carbonatos na profundidade de 5 m (41,76%) em dezembro/ 2018 (Figura 8). Com relação à ocorrência de minerais pesados, o teor mínimo registrado foi de 0,02% na berma e na face praial e máximo de 1,35%, na profundidade de 5 m (Figura 8). Os principais minerais pesados identificados incluem os minerais opacos (75,29%), cianitas (8,24), anfibólios (7,06%), rutilos (4,71%) e zircões (3,53%).

As areias da praia emersa foram classificadas como areias muito grossas (-0,63 a -0,11 phi), com bom grau de seleção (0,26 a 0,48 phi) e assimetria variando entre -0,63 e 0,22 (Figura 9). Em comparação ao observado por Albino (1999), a distribuição granulométrica apresentou leve afinamento das areias, antes caracterizadas por um diâmetro médio variando entre -1,22 e -0,61 phi, desvio padrão entre 0,27 e 0,50 phi e assimetria entre - 0,26 e 0,05. A porção submersa da praia caracterizou-se por areias mais

finas (1,41 a 1,88 phi), com moderado a muito bom grau de seleção (0,22 a 0,63 phi) e assimetria variando entre -0,15 e 0,10 (Figura 9). De maneira geral, houve manutenção das características texturais nas duas campanhas.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, observou-se maior frequência de grãos sub-angulosos e angulosos e um aumento na ocorrência de grãos sub-arredondados e arredondados em comparação às praias das estações S2 e S3 (Figura 10).

#### - Estação S5 – Comboios

A praia de Comboios é composta essencialmente por areias siliciclásticas, com teor mínimo de minerais pesados de 0,14% na fácies 'Berma Test. F2 0,70 m' e máximo de 6,19% na profundidade de 5 m. Os principais minerais pesados identificados incluem os minerais opacos (90%), sillimanitas (2,94) e zircões (2,35%).

As areias da praia emersa foram classificadas como areias médias a muito grossas (-0,05 a 1,23 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,48 a 0,67 phi) e assimetria variando entre -0,21 e 0,23 (Figura 9). A caracterização textural da praia mostrou um afinamento das areias em comparação ao descrito por Albino (1999), que observou o diâmetro médio variando entre -0,82 e 0,69 phi, desvio padrão entre 0,37 e 0,82 phi e assimetria entre -0,05 e 0,31. A porção submersa da praia foi caracterizada por areias médias (0,77 a 0,87 phi) em setembro/2018 e finas (0,51 a 0,65 phi) em dezembro/2018, com moderado a bom grau de seleção (0,51 a 0,88 phi) e assimetria variando entre -0,01 e 0,20 (Figura 9).

Quanto ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo foi observado uma maior ocorrência de grãos sub-angulosos e angulosos e um aumento na frequência de grãos sub-arredondados e arredondados em comparação às praias das estações S2 e S3 (Figura 10).

#### - Estação S6 – Regência

A praia de Regência é composta predominantemente por areias siliciclásticas, porém observou-se um elevado teor de carbonato a partir da profundidade de 14 m (>20%) no mês de setembro/ 2018 (Figura 8). O teor de minerais pesados variou entre 0,02%, na profundidade de 15 m, e 7,61%, na profundidade de 5 m (Figura 8). Os principais minerais pesados identificados incluem os minerais opacos (93,71%), cianitas (1,32%) e granadas (1,32%).

A porção emersa da praia apresentou areias médias a grossas (0,16 a 1,83 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,39 a 0,83 phi) e assimetria variando entre -0,34 a 0,21 (Figura 9). A distribuição granulométrica assemelha-se à descrita por Albino (1999), que observou diâmetro médio das areias variando entre 0,82 e 1,74 phi, desvio padrão entre 0,44 e 0,81 phi e assimetria entre -0,20 e 0,03. A porção submersa da praia caracterizou-se pelo afinamento das areias e presença de sedimentos lamosos, com teores de lama variando entre 54 e 99%, a partir da profundidade de 14 m. Nas lamas foram observados teores de matéria orgânica variando entre 8 e 26%. De maneira geral, houve manutenção das características texturais das areias durante as campanhas.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, observou-se maior ocorrência de grãos angulosos e sub-angulosos, seguido de grãos sub-arredondados (Figura 10).

#### - Estação N1 – Povoação

A praia de Povoação é composta predominantemente por areias siliciclásticas, porém observou-se um maior teor de carbonato (cerca de 19%) na profundidade de 10 m, no mês de setembro/ 2018 (Figura 8). Com relação à ocorrência de minerais pesados, o teor mínimo registrado foi de 0,21%, na face inferior, e máximo de 33,40%, na fácies 'Berma Test. F2 0,40 m (Quadro 1). Os minerais pesados de maior ocorrência incluem os minerais opacos (95,67%) e as sillimanitas (2,33%).

A porção emersa da praia apresentou areias médias a muito grossas (-0,15 a 1,72 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,19 a 0,96 phi) e assimetria variando entre -0,28 e 0,34 (Figura 9). De forma geral, a caracterização textural da praia apresentou aspectos contemplados na descrição de Albino (1999), que observou variações no diâmetro médio entre 0,43 e 1,04 phi, desvio padrão entre 0,41 e 0,74 phi e assimetria entre -0,27 e 0,13. Na porção submersa foram observadas areias finas a muito finas (2,03 a 3,42 phi) na praia/antepraia e na profundidade de 5 m e teores de lama superiores a 80% na profundidade de 10 m. Nos sedimentos lamosos foram observados teores de lama variando entre 7 e 9%.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, observou-se maior ocorrência de grãos angulosos e sub-angulosos, seguido de grãos sub-arredondados (Figura 10).

#### - Estação N2 – Degredo

As areias da praia de Degredo são essencialmente siliciclásticas, contudo, observou-se teores superiores a 15% na profundidade de 10 m, em ambas as campanhas (Figura 8). O teor mínimo de minerais pesados registrado foi de 0,02%, na profundidade de 10 m, e máximo de 50,41% na berma superficial, em dezembro/2018 (Figura 8). Os principais componentes são os minerais opacos (66,93%), anfibólios (17,90%), sillimanitas (7,39%), granadas (2,33%) e cianitas (2,33%).

As areias da porção emersa da praia foram classificadas como areias médias a finas (1,17 a 2,06 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,42 a 0,86 phi) e assimetria variando entre -0,29 e 0,50 (Figura 9). De maneira geral, houve manutenção das características texturais das areias nas duas campanhas. Na porção submersa da praia, observou-se a presença de sedimentos lamosos, com teores de lama de 9 a 15,83%, na profundidade de 5 m, e 51,36 a 80,22%, na profundidade de 10 m. As lamas apresentaram teores de 1 e 7% de matéria orgânica.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observada maior ocorrência de grãos angulosos, sub-angulosos e sub-arredondados (Figura 10).

#### - Estação N3 – Pontal do Ipiranga

A praia de Pontal do Ipiranga é composta essencialmente por areias siliciclásticas, no entanto observou-se uma maior concentração de carbonatos (16 a 25%) na profundidade de 10 m (Figura 8).

O teor mínimo de minerais pesados registrado foi de 0,06%, na profundidade de 10 m, e máximo de 42,37%, na fácies 'Berma Test. F1 0,80 m', ambos em setembro/ 2018 (Quadro 1). Os principais minerais pesados identificados compreendem os minerais opacos (63,28%), anfibólios (19,67%), sillimanitas (5,90%), cianitas (5,90%) e turmalinas (3,28%).

As areias da praia emersa foram classificadas como areias médias a finas (1,17 a 2,40 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,38 a 0,68 phi) e simetria variando entre -0,35 a 0,48 (Figura 9). De maneira geral, houve manutenção das características texturais das areias durante as campanhas. A porção submersa da praia foi caracterizada por areias mais finas (2,25 a 3,38 phi) e presença de lama na profundidade de 10 m, com teores variando entre 27 e 97% durante as campanhas. Os sedimentos lamosos apresentaram teores de matéria orgânica variando entre 8 e 12%.

Os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento predominante anguloso, sub-anguloso e sub-arredondado (Figura 10).

#### - Estação N4 – Barra Nova

As areias da praia de Barra Nova são essencialmente siliciclásticas, com teor mínimo de minerais pesados de 0,49%, na fácies 'Berma Test. F3 0,35 m', e máximo de 24,65%, na praia/antepraia. Os principais componentes identificados foram os minerais opacos (73,13%), anfibólios (9,25%), sillimanitas (5,07%), cianitas (4,48%), zircões (3,58%) e turmalinas (3,28%).

A praia apresentou areias grossas a médias (0,73 a 2,37 phi), na porção emersa, e areias médias a muito finas (1,47 a 3,41 phi), na porção submersa, com moderado a bom grau de seleção (0,41 a 1,00 phi) e assimetria variando entre -0,42 e 0,22 (Figura 9). De maneira geral, houve manutenção das características texturais das areias nas duas campanhas.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observada maior ocorrência de grãos angulosos, sub-angulosos e sub-arredondados (Figura 10).

#### l) Estação N5 – Guriri

A praia de Guriri é composta predominantemente por areias siliciclásticas, contudo observou-se teores de carbonato superiores a 24% na profundidade de 10 m (Figura 8). O teor mínimo de minerais pesados registrado foi de 0,87%, na fácies 'Berma Test. F3 0,40 m', e máximo de 13,07% na interface praia/antepraia. Os principais minerais identificados foram minerais opacos (58,72%), anfibólios (21,81%), cianitas (10,07%) e sillimanitas (7,05%).

Na porção emersa da praia, as areias foram classificadas como areias médias a finas (1,02 a 2,81 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,38 a 0,87 phi), e assimetria variando entre -0,80 a 0,39 (Figura 9). Na porção submersa, foram observadas areias mais finas (2,82 a 3,27 phi), na profundidade de 5 m, e teores de lama superiores a 30%, na profundidade de 10 m. Os sedimentos lamosos apresentaram teores de matéria orgânica inferiores a 4%. De maneira geral, observou-se leve afinamento das areias em dezembro/2018 (Figura 9).

Os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento predominante anguloso e sub-anguloso (Figura 10).

### 1.2.2.3 Morfodinâmica das praias: mobilidade dos perfis de praia, tipologia, run up e grau de exposição

O Quadro 2 apresenta os parâmetros morfodinâmicos utilizados na descrição morfológica e morfodinâmica das praias. As análises serão apresentadas por estação.

Quadro 2: Caracterização dos estágios morfodinâmicos praias das estações durante as campanhas amostrais. TI: inundação total.

Estação	Setembro 2018				Dezembro 2018				Estágio Morfodinâmico
	Altura Berma (m)	Altura run up (m)	Inclinação Face (°)	Ômega $\Omega^*$	Altura Berma (m)	Altura run up (m)	Inclinação face (°)	Ômega $\Omega^*$	
S1	-	-	-	-	2,2	TI	9,2	0,5	Refletivo
S2	2,1	2,4	3,9	9,8	2,2	TI	5,4	10,5	Ultradissipativo
S3	2,1	-	7,6	5,3	2,0	TI	7,2	5,1	Intermediário/ Banco e Calha Longitudinal
S4	4,7	3,6	10,5	0,1	4,7	3,74	10,5	0,1	Refletivo
S5	3,2	4,6	9,5	0,1	3,9	3,36	8,6	1,2	Intermediário/ Banco e Calhas longitudinais
S6	3,5	2,67	8,8	0,6	2,3	3,31	9,5	0,1	Intermediário/ Banco e Calhas longitudinais
N1	2,2	4,56	9,5	0,2	4,1	3,9	8,6	0,1	Refletivo
N2	3,8	4,64	5,8	1,2	4,0	3,39	7,3	2,7	Bancos Transversais
N3	3,1	3,4	2,7	6,4	3,4	2,67	2,3	5,2	Bancos de Calhas Longitudinais
N4	2,0	3,0	2,8	3,7	3,0	2,54	2,7	5,6	Dissipativo/ Intermediário/ Banco e Calha Longitudinal
N5	2,6	3,1	2,2	9,0	2,8	2,54	2,2	6,2	Dissipativo

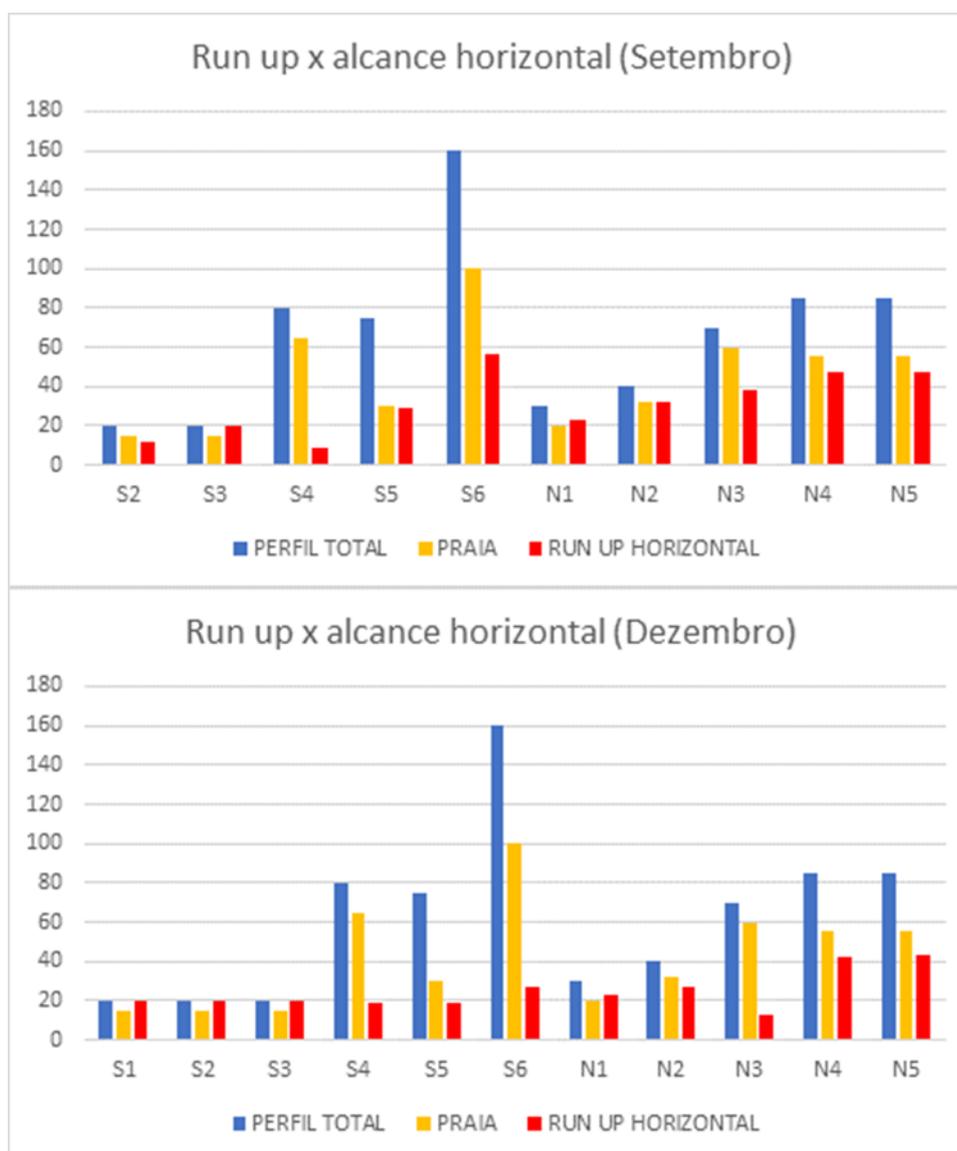
Fonte: autoria própria.

No que diz respeito ao espraiamento máximo das ondas, seu alcance vertical, horizontal e extensão da inundação da praia devem ser considerados na dispersão potencial dos contaminantes do rejeito.

Uma vez que a onda incide sobre a praia, ela espraia sobre a face até dissipar toda a sua energia, e então a água retorna para o nível relativo do mar, por percolação ou deslizando sobre a face novamente. Este processo de subida e descida é chamado de espraiamento, e sua altura máxima, medida verticalmente em relação à maré prevista, é chamada de run-up máximo (Sorensen, 1997).

Em praias de baixo gradiente as ondas quebram longe da praia e o espraioamento percorre uma longa distância e com baixa velocidade. Desta forma, é possível haver espraioamentos diferentes, de ondas diferentes, ocorrendo ao mesmo tempo ao longo da zona de espraioamento. Devido à relação descrita por Bascom (1951), que praias de baixo gradiente possuem granulometria média mais fina, nestas praias a infiltração da água do espraioamento é insignificante. Já praias com gradientes maiores, tendem a possuir a zona de arrebentação das ondas junto à praia, por isto a zona de espraioamento é mais inclinada. Tal inclinação resulta em um tempo de espraioamento menor do que em praias planas e há, ainda, uma infiltração e percolação da água devido à maior granulometria.

Figura 11: Potencial horizontal da inundação nas praias. Extensão total do perfil, considerando o início do marco geodésico, situado entre cordões vegetados, até o nível médio do mar (em metros); extensão da praia propriamente dita e extensão horizontal do espraioamento máximo nos dias que precederam ao levantamento topográfico. Praias com pequenas faixas arenosas tendem a inundações quase completas da faixa praia, possibilitando, em algumas estações, o alcance do espraioamento das ondas nas dunas ou cordões vegetados (restingas).



Fonte: autoria própria.

Somando -se a isto, tem-se a capacidade da praia de responder ao run-up e não permitir que haja transposição da onda sobre a praia e, conseqüentemente, sua total inundação em eventos de run ups máximos. Geralmente o topo da berma exerce o papel de barreira, onde o potencial da inundação pode ser determinado com a simples equa o de  $PI = Alt B - Run up$ . Ainda, em função do baixo gradiente, o espraioamento pode percorrer os metros que representam toda a extensão da faixa arenosa da praia e ainda alcanç ar os ecossistemas adjacentes como as restingas e dunas.

Considerando a topografia das praias, sua tipologia e mobilidade, observadas no Quadro 2 a partir da altura da berma, gradiente e classifica o morfodinâmica, e considerando o run up calculado com as condi oes de ondas que precederam ao levantamento topobatimétrico observou-se que nas Esta oes S2 e S3 foram completamente inundadas nas duas Campanhas realizadas devido   pequena extensão do perfil,   presença de terraços que sobrelevam o nível do mar e/ou ao baixo gradiente (Figura 10). N1 e N2 foram também inundadas devido a sua pequena extensão. S4 e S6 com larga extensão, bermas e declividades altas neutralizam o alcance horizontal do espraioamento. Nas demais esta oes há alta tendência de inunda o das praias sobre maiores condi oes de ondas.

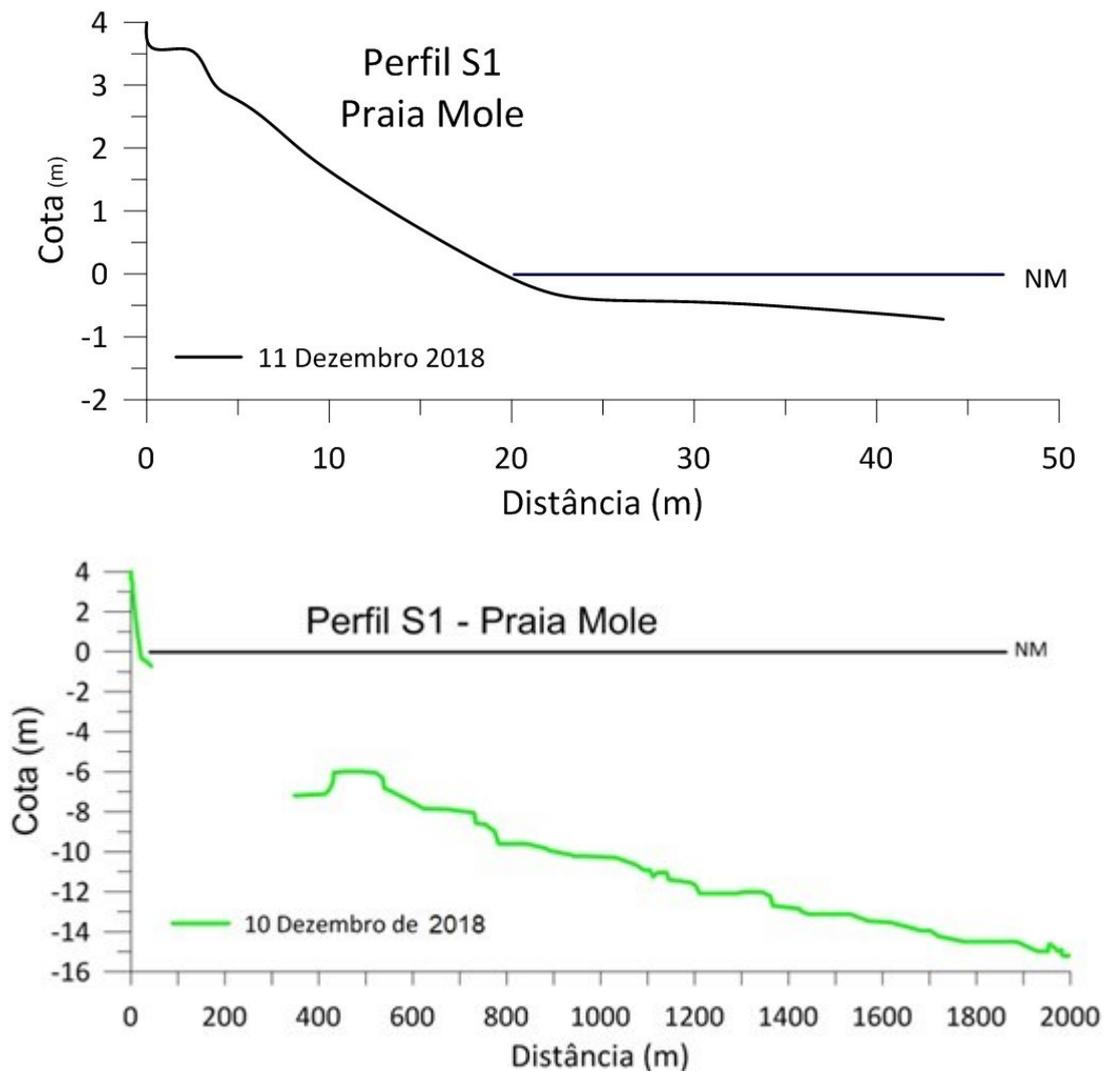
A seguir tem-se a descri o da morfodinâmica das praias nas diversas esta oes:

- Esta o S1 – Praia Mole

Na esta o S1, o perfil praiado emerso apresentou comprimento de 20 m, com início no cordão vegetado da retropraia (Figura 12). O levantamento se estendeu por 25 m em dire o   zona de surfe e antepria superior (Figura 12). A face da praia apresentou declividade de 9,2  e a antepria de 0,3 , em fun o da presença dos terraços de abrasão, mineralogicamente representados por concre oes lateríticas. Os terraços de abrasão diminuem a energia das ondas que chegam   costa favorecendo a alta refletividade da face praiado. Os afloramentos lateríticos exercem papel de promontório, contribuindo para o aprisionamento de sedimento na célula de balanço sedimentar.

O perfil submerso em S1 foi levantado até uma profundidade de 15 m indo de aproximadamente 300 m até 2000 m da costa. A partir dos 8 m de profundidade a declividade do leito torna-se mais suave em dire o   costa, indicando ser essa a profundidade provável de mobiliza o de sedimentos pelas ondas na antepria (perfil de fechamento).

Figura 12: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação S1. Nível médio do mar (NM).



Fonte: autoria própria.

#### - Estação S2 - Praia Formosa

O perfil praiar se estendeu do cordão vegetado até o contato com o nível médio do mar, com um comprimento de 20 m (Figura 13). Na continuidade se estende por cerca de 120 m sobre o terraço de abrasão até a profundidade de 1,5 m (Figura 13).

A praia Formosa foi classificada como ultradissipativa, com inclinação da face praiar aumentando de 3,8° a 5,4° e  $\Omega$  de 9,8 a 10,5, entre setembro e dezembro de 2018. A berma foi observada a 2,13 m, acima do nível médio do mar local. O run up modelado apresentou valor de 2,43 m, indicando o alcance máximo do espriamento das ondas nos dias que antecederam a campanha e a inundação recente da berma.

O perfil submerso foi levantado até uma profundidade de 18 m, com comprimento total de cerca de 2400 m (Figura 13). O perfil eleva-se gradativamente em direção à praia com uma declividade de 0,45° até atingir a profundidade de 8 m abaixo do nível médio do mar, quando se inicia um incremento da

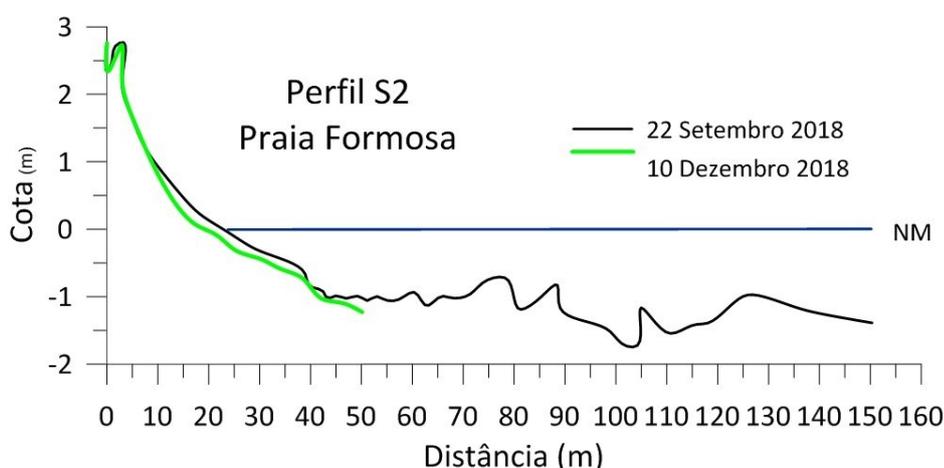
declividade em direção à costa sugerindo ser esta a profundidade de fechamento do perfil da antepraia. A presença do substrato rígido pode ser inferida devido à rugosidade verificada no perfil da antepraia (Figura 13). O perfil emerso S2 apresentou recuo da face praial na campanha de dezembro/2018, sugerindo aumento da troca de sedimentos entre a praia e a antepraia. As variações observadas no perfil submerso devem-se à navegação realizada para se contornar áreas muito rasas com risco de encalhe da embarcação.

- Estação S3 – Praia de Putiri

O perfil praial emerso de Putiri apresentou comprimento total de 20 m e se estendeu em direção à antepraia por mais 20 m até a profundidade de 1,5 m, abaixo do nível médio do mar, em contato com os terraços de abrasão (Figura 14). A praia foi classificada como intermediária com desenvolvimento de calhas e bancos longitudinais sobre os terraços de abrasão, apresentando declividade na face praial de 7° e  $\Omega$  próximo a 5 durante as campanhas. A berma foi observada a 2,19 m acima do nível médio do mar local e o run up modelado indicou a inundação recente da praia.

O perfil da antepraia foi levantado até a profundidade de 14 m a 2000 m de distância da praia emersa (Figura 14). Devido às condições de mar e proximidade do fundo rígido e rugoso, o perfil teve que ser interrompido a uma profundidade de 7 m e distância de 1300 m da praia. O perfil se elevou gradativamente em direção à costa com uma declividade de 0,5°. A profundidade de fechamento da antepraia aparentemente se localizou à profundidade de 10 m, considerando uma tendência de incremento desta declividade. A presença do substrato rígido pôde ser inferida devido à rugosidade verificada no perfil da antepraia. O perfil emerso S3 apresentou recuo da berma e um leve aumento de sedimentos na face da praia na campanha de dezembro/2018, sugerindo aumento da troca de sedimentos entre a praia e a antepraia sob condições de maior energia das ondas, mesmo que dissipadas pelos terraços. As variações observadas no perfil submerso devem-se à navegação realizada para se contornar áreas muito rasas com risco de encalhe da embarcação.

Figura 13: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação S2. Nível médio do mar (NM).



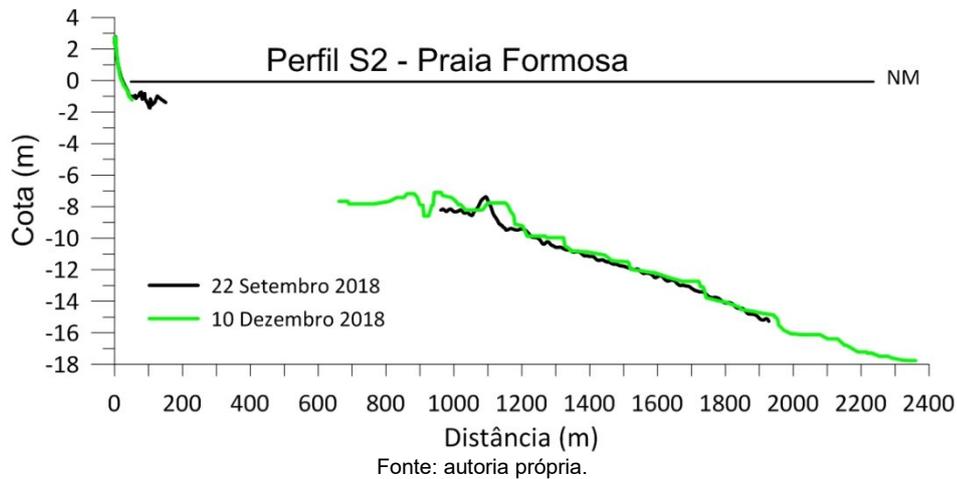
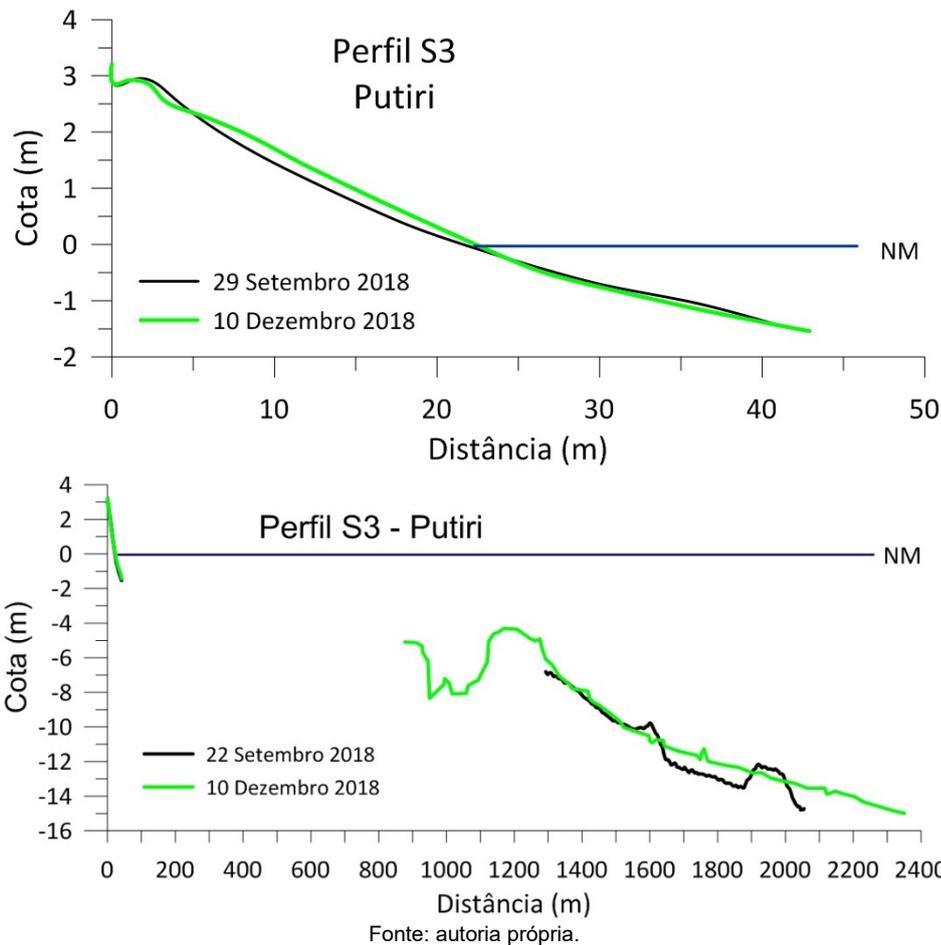


Figura 14: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação S3. Nível médio do mar (NM).



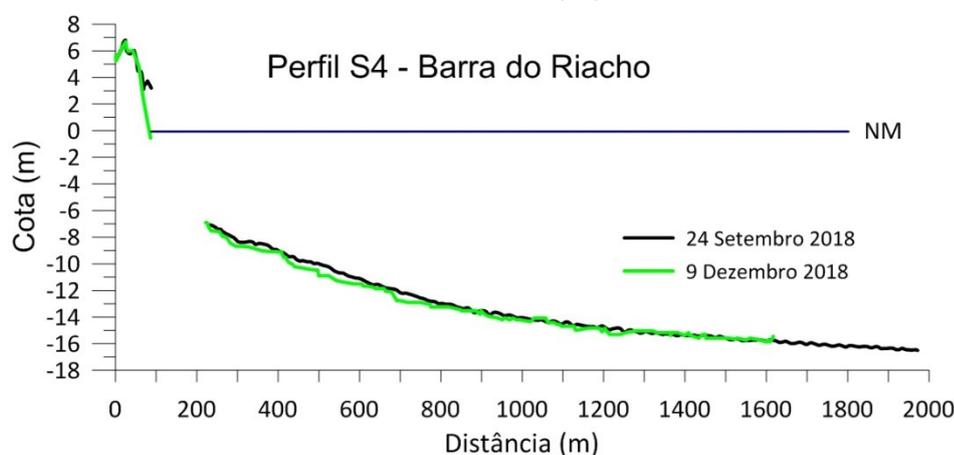
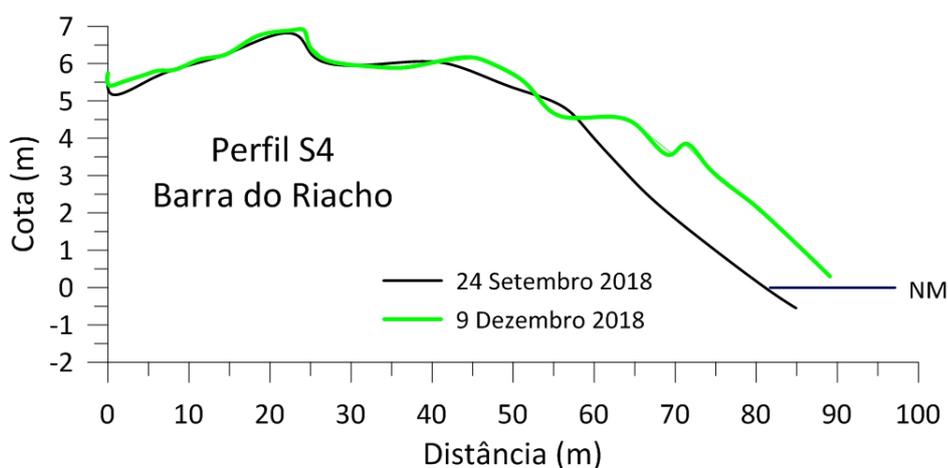
- Estação S4 – Barra do Riacho

O perfil emerso, com início na retropraia (cordões litorâneos), apresentou comprimento de 41 m e se estendeu 32 m em direção à zona de surfe e antepraia superior (Figura 15). A praia foi classificada como refletiva, com declividade da face praial de 10,5° e  $\Omega$  de 0,08. A berma foi observada a 4,7 m acima do nível médio do mar local. O run up modelado foi de 3,62 m, indicando que o espraiamento

não alcançou a berma nos dias que antecederam a campanha de setembro de dezembro de 2018. A face praial sofreu progradação significativa entre as campanhas amostrais.

O perfil praial submerso foi levantado de 100 a 2000 m de distância da costa, até a profundidade de 16 m (Figura 15). A profundidade de fechamento da antepraia superior foi observada em torno de 8 m abaixo do nível médio do mar e o limite da antepraia inferior em torno dos 14 m. Houve acreção de sedimentos na face da praia, formação de bermas no período entre setembro e dezembro de 2018.

Figura 15: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação S4. Nível médio do mar (NM).



Fonte: autoria própria.

#### - Estação S5 - Comboios

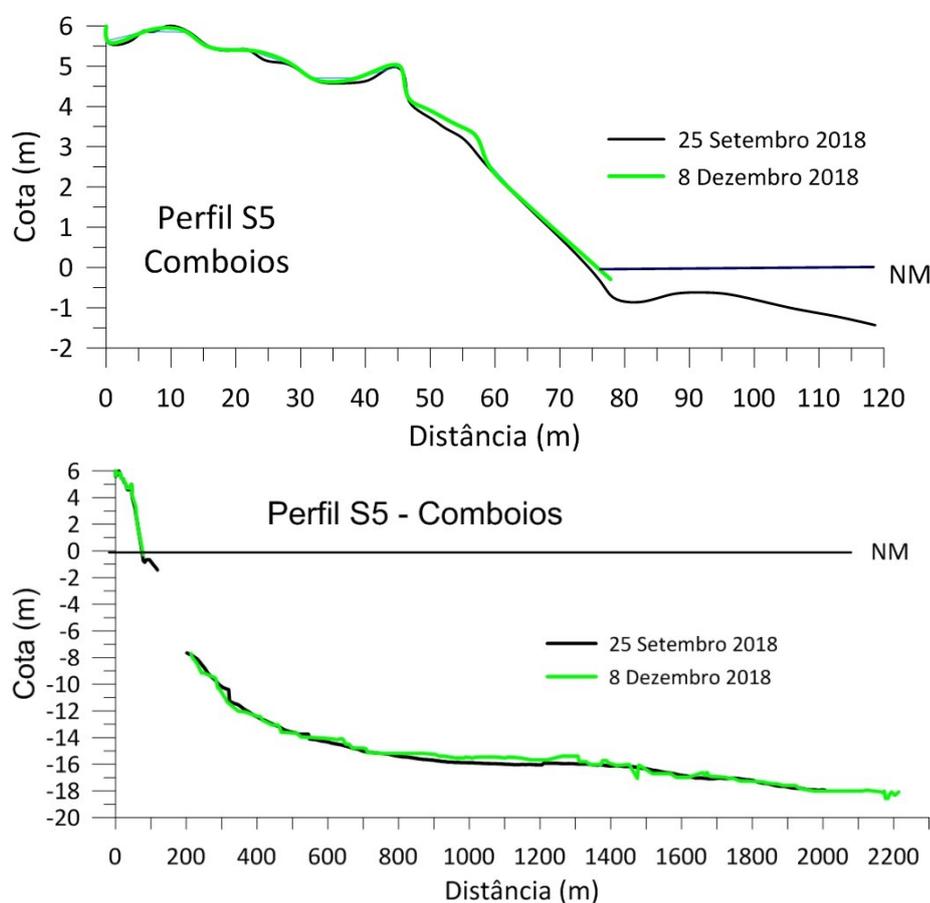
O perfil praial emerso da estação S5 apresentou comprimento de 75 m, até o contato com o nível médio do mar, e se estendeu por mais 45 m em direção à zona de surfe e antepraia superior, até a profundidade de 1,5 m (Figura 16). Nota-se a ocorrência de cordões vegetados na parte mais elevada do perfil, que apresentou altura de 5,9 m, acima do nível médio do mar local (Figura 16).

A partir da análise do perfil submerso da antepraia superior adjacente foi possível observar o desenvolvimento de bancos e calhas longitudinais, permitindo a variação da praia entre os estágios intermediário e refletivo, conforme a mudança na hidrodinâmica. A partir dos dados levantados, foram calculados a declividade da face praial de  $9,5^\circ$  e  $\Omega$  de 0,07. A berma apresentou altura de 3,22 m,

acima do nível médio do mar local. O run up modelado de 4,6 m, representou o alcance máximo do espraiamento das ondas nos dias que antecederam a campanha e indicou a inundação recente da berma. O aumento da altura da berma foi observado com o aumento das alturas das ondas em dezembro de 2018.

O perfil da antepraia apresentou comprimento total de aproximadamente 2300 m e alcançou a profundidade máxima de 18 m (Figura 16). O perfil elevou-se gradativamente com declividade de 0,2° até atingir a profundidade de 7,2 m, abaixo do nível médio do mar, a aproximadamente 80 m de distância da costa. A profundidade de fechamento da antepraia se localizou em torno dos 13 m, refletindo a alta energia das ondas para este segmento do litoral. Verifica-se um pequeno aumento no volume de sedimentos na berma da campanha de setembro para dezembro /2018.

Figura 16: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação S5. Nível médio do mar (NM).

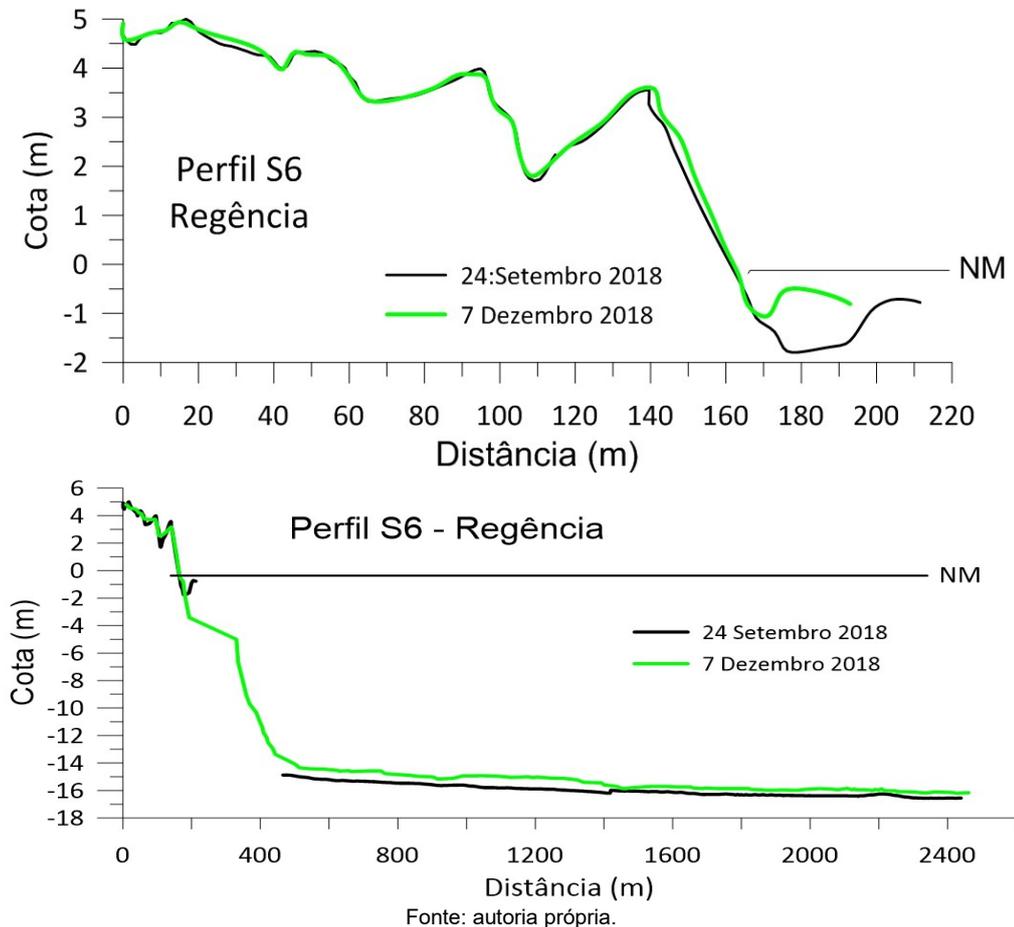


- Estação S6 – Regência

O perfil praial emerso apresentou comprimento total de 160 m e se estendeu 250 m em direção à zona de surfe e antepraia superior, indicando uma calha seguida de banco junto à base da face da praia (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Nota-se a ocorrência de cordões vegetados na parte mais elevada do perfil, com o cordão atingindo altura máxima de 4,9 m, acima do nível médio do mar

(Erro! Fonte de referência não encontrada.). A praia em si apresentou comprimento de 88 m e mobilidade entre as campanhas devido ao alto grau de exposição das ondas.

Figura 17: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação S6. Nível médio do mar (NM).



A praia foi classificada como intermediária, a partir da observação em campo, com características refletivas: declividade de  $8,6^\circ$  na face praial e valor  $\Omega$  0,6. Entre as campanhas a calha submersa diminuiu em largura, aproximando o banco da praia. A berma apresentou altura de 3,56 m, em setembro, e 2,3 m, em dezembro de 2018 (Figura 17). O run up modelado foi de 2,67 m, indicando que o espraimento recente na praia não alcançou a berma. O perfil praial submerso apresentou comprimento total de aproximadamente 1900 m e alcançou a profundidade máxima de 16 m (Figura 17). O perfil elevou-se gradativamente com declividade de  $0,18^\circ$  até atingir a profundidade de fechamento em torno de 14 m abaixo do nível médio do mar, a aproximadamente 300 m de distância da costa. Comparando os perfis entre as duas campanhas verifica-se a retração da barra submersa em direção à praia e um pequeno aumento de sedimentos na face praial.

#### - Estação N1 - Povoação

O perfil emerso apresentou comprimento total de 30 m, estendendo-se por 25 m em direção à zona de surfe e antepraia superior, indicando a presença de uma calha seguida de banco (Figura 18). A praia foi classificada como refletiva com declividade da face praial de  $9,5^\circ$ , em setembro, e  $8,6^\circ$ , em dezembro

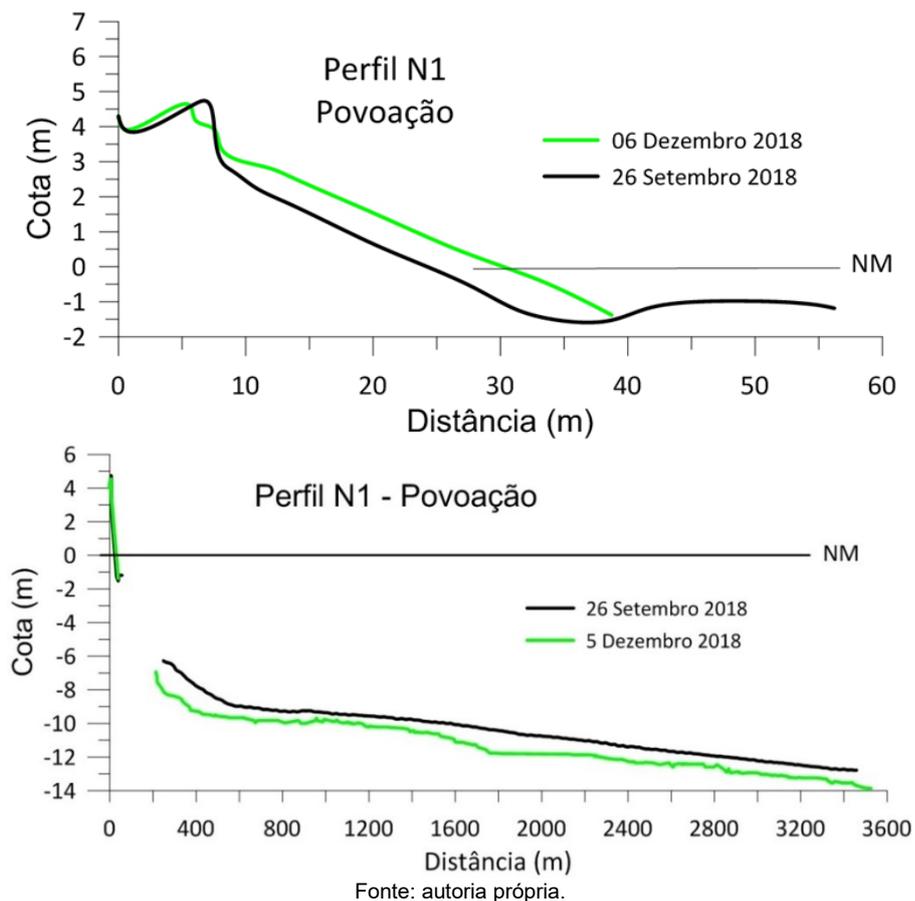
de 2018, e  $\Omega$  de 0,2. A altura da berma variou entre 2,28 m e 4,1 m, entre as campanhas, acompanhada da progradação do perfil. O run up modelado de 4,56 m representa o alcance máximo do espraioamento nos dias que antecederam a campanha e indicou total inundação recente da berma.

O perfil submerso da praia, com início a 200 m da praia, apresentou comprimento total de cerca de 3200 m, alcançando a profundidade de 13 m (Figura 18). O perfil elevou-se gradativamente, com uma declividade de  $0,08^\circ$ , até atingir a profundidade de fechamento em torno de 10 m, abaixo do nível médio do mar, a aproximadamente 500 m de distância da costa (Figura 18). É possível verificar o aumento de sedimentos na face praial e o recuo da berma entre as duas campanhas.

- Estação N2 - Degredo

Em Degredo, o perfil da praia emersa apresentou comprimento de 40 m e se estendeu por 20 m em direção à zona de surfe e antepraia superior (Figura 19). A praia foi classificada visualmente como intermediária, com desenvolvimento de bancos e calhas longitudinais, conforme alterações na hidrodinâmica na zona costeira. A declividade média da face praial entre campanhas foi de  $6,8^\circ$  e  $\Omega$  de 1,2, que indicam características refletivas. A berma foi observada a 3,82 m acima do nível médio do mar. O run up modelado de 4,64 m representa o alcance máximo do espraioamento das ondas nos dias que antecederam a campanha e indica a inundação recente da berma.

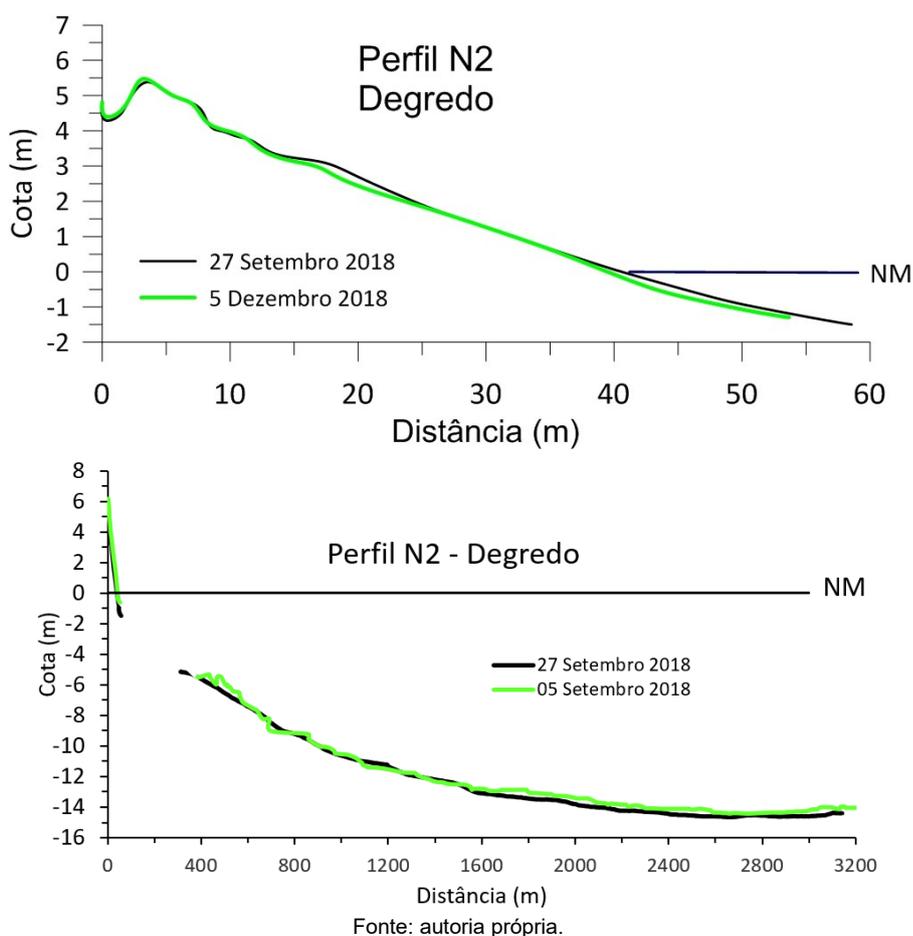
Figura 18: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação N1. Nível médio do mar (NM).



Fonte: autoria própria.

O levantamento do perfil na antepraia foi iniciado a 200 m de distância da praia e se estendeu até a distância de 3800 m e profundidade de 14 m abaixo do nível médio do mar (Figura 19). A profundidade de fechamento da antepraia foi observada em torno de 13 m de profundidade. Entre as duas campanhas observa-se uma leve diminuição de sedimentos na berma mais baixa / início da face praial. O aumento significativo de minerais pesados na Campanha de dezembro indica a intensificação das ondas no processo de transporte de sedimentos ao longo do perfil.

Figura 19: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação N2. Nível médio do mar (NM)



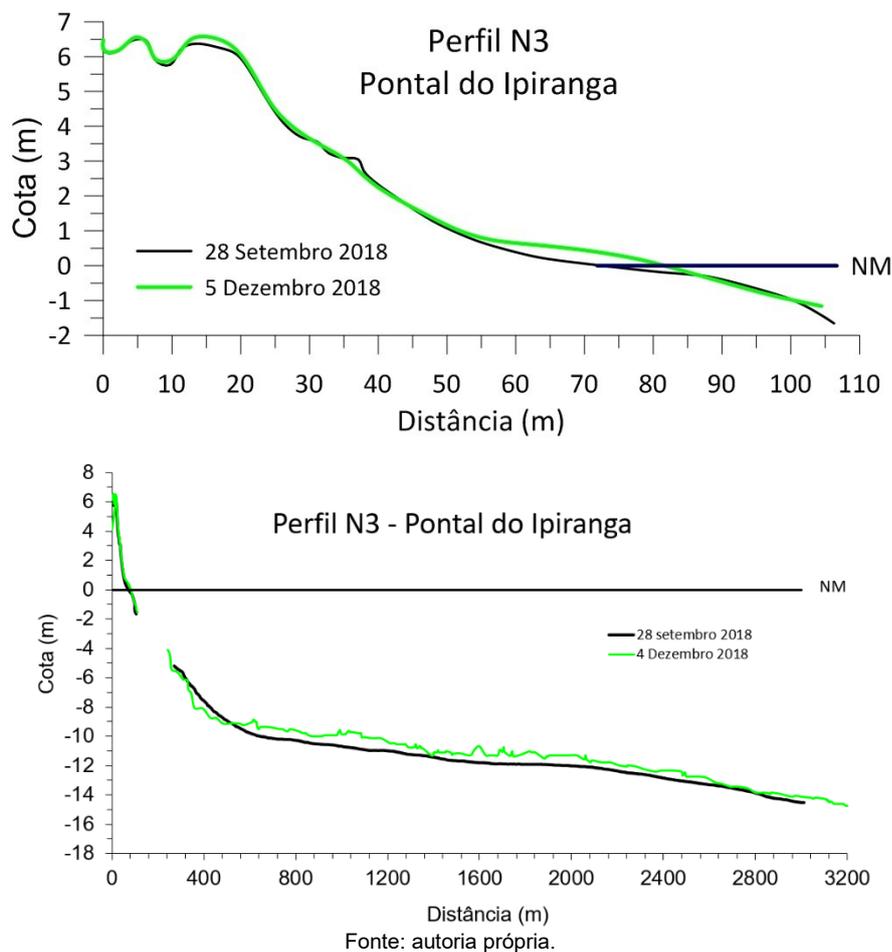
#### - Estação N3 – Pontal do Ipiranga

A praia de Pontal do Ipiranga apresenta formação marcante de cordões e dunas na retropraia, o que eleva a topografia do perfil até a cota de 6,4 m, acima do nível médio do mar local (Figura 20). O perfil apresentou comprimento total de 75 m e se estendeu por mais 35 m em direção à zona de surfe e antepraia superior (Figura 20).

A praia foi classificada como dissipativa com declividade de  $2,7^\circ$  na face praial e  $\Omega$  de 6,4. Variações na hidrodinâmica costeira podem alterar o estado morfodinâmico para intermediário com formação de bancos. A berma foi observada a 3,15 m acima do nível médio do mar local. O run up modelado apresentou valor de 3,49 m, representando o alcance máximo do espriamento nos dias que antecederam a campanha e indicando a inundação recente da berma.

O perfil na antepraia apresentou comprimento total de aproximadamente 3600 m, iniciando-se a cerca de 200 m da praia e alcançando a profundidade máxima em 15 m (Figura 20). O perfil elevou-se gradativamente com declividade de  $0,12^\circ$  até atingir a profundidade de 5 m abaixo do nível médio do mar (Figura 20). A profundidade de fechamento da antepraia foi observada em torno dos 11 m. Comparando os perfis entre as duas campanhas observa-se o avanço da berma em direção ao mar com aumento de sedimentos na porção superior da face praial e redução de sedimentos na porção inferior próxima ao NM.

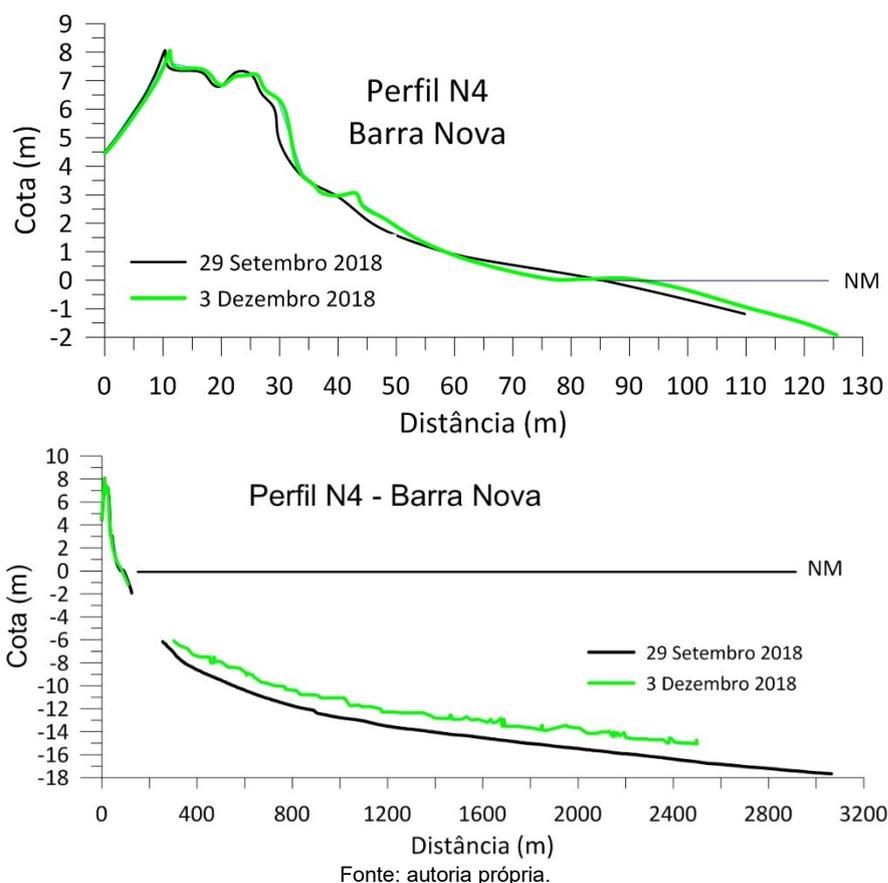
Figura 20: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação N3. Nível médio do mar (NM).



#### - Estação N4 – Barra Nova

O perfil praial emerso apresentou comprimento de 88 m, com formação de cordões e dunas na retropraia, que alcançam até 8 m acima do nível médio do mar (Figura 21). O perfil sofreu quebra abrupta representando a escarpa das dunas. A praia foi classificada como intermediária, com variações entre os estados morfodinâmicos conforme mudança da dinâmica costeira, com inclinação de  $2,8^\circ$  na face praial e  $\Omega$  de 3,8. A berma foi observada a 3,04 m acima do nível médio do mar local. O run up modelado foi de 3,08 m, representando o alcance máximo do espriamento nos dias que antecederam a campanha e a inundação recente da berma.

Figura 21: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação N4. Nível médio do mar (NM).



O perfil na antepraia apresentou comprimento total de aproximadamente 2800 m e alcançou a profundidade máxima em 18 m. O perfil praiial elevou-se gradativamente com uma declividade de  $1,5^\circ$  até atingir a profundidade de 6 m abaixo do nível médio do mar, a 116 m de distância da costa (Figura 21). A profundidade de fechamento da antepraia se localiza em torno de 8 m. Assim como na estação N3, na comparação dos perfis entre as duas campanhas é possível notar o avanço da berma em direção ao mar com aumento de sedimentos na porção superior da face praiial e redução de sedimentos na porção inferior próxima ao NM.

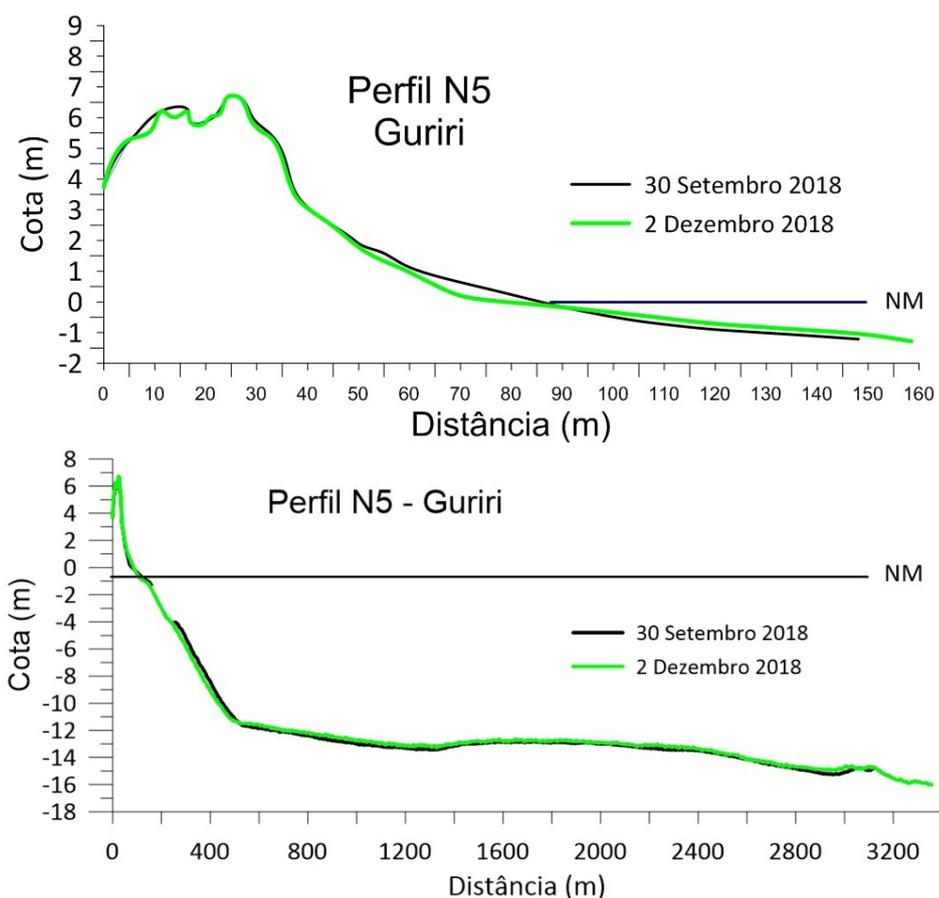
#### - Estação N5 - Guriri

O perfil de praia apresentou comprimento total de 148 m, sendo o comprimento da praia emersa de 80 m (Figura 22). A praia apresenta cordões e dunas frontais que elevou a topografia na retropraia, com o topo da duna atingindo 7 m acima do nível médio do mar (Figura 22). O perfil no pós-praia sofreu quebra abrupta provocada pela erosão na base das dunas. A praia foi classificada como ultradissipativa, com inclinação de  $2,3^\circ$  na face praiial e  $\Omega$  de 8,4. A berma foi observada a 2,69 m acima do nível médio do mar local. O run up modelado foi de 3,13 m, representando o alcance máximo do espriamento das ondas nos dias que antecederam a campanha e a inundação recente da berma.

O perfil na antepraia apresentou comprimento total de aproximadamente 2900 m e alcançou profundidade máxima de 14,5 m (Figura 22). O perfil elevou-se gradativamente com declividade de  $1,7^\circ$

até a profundidade de 3,8 m abaixo do nível médio do mar, a aproximadamente 60 m de distância da costa. A profundidade de fechamento da antepraia foi observada em torno de 11 m, caracterizada por um brusco incremento da declividade. Houve diminuição do volume de sedimentos na face praial e leve aumento na parte submersa entre as duas campanhas.

Figura 22: Perfis topográficos (acima) e topobatimétricos (abaixo) da Estação N5. Nível médio do mar (NM).



Fonte: autoria própria.

### 1.2.3 Compartimentação morfodinâmica

Em termos morfodinâmicos e sedimentológicos, as praias em estudo podem ser agrupadas em três compartimentos distintos. Um compartimento na região sul caracterizado pela presença de terraços de abrasão que dissipam a energia de ondas e limitam o desenvolvimento das praias. Um segundo compartimento com alto grau de exposição às ondas de sul onde se verifica alta mobilidade dos perfis praias próximo à desembocadura do rio Doce. O terceiro compartimento se situa ao norte da desembocadura do rio Doce onde a linha de costa está mais voltada para leste com alta exposição às ondas, porém estas ondas são parcialmente dissipadas em função da plataforma continental ser mais larga neste trecho que ao sul da desembocadura.

O primeiro compartimento inclui as praias Mole, Formosa e Putiri (S1, S2 e S3) (Figura 23), caracterizadas pela composição predominantemente carbonática e baixos teores de minerais pesados. As areias destas praias foram classificadas como areias médias a finas, com moderado a bom grau de

seleção e assimetria variando entre -0,63 e 0,075. Os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento anguloso e sub-anguloso. Os sedimentos que compõem estas praias são provenientes da erosão das falésias e da fragmentação de organismos carbonáticos que se fixam sobre os terraços de abrasão (Albino e Suguio, 2011). A dissipação das ondas sobre os terraços de abrasão não favorece o alto grau de arredondamento dos grãos de quartzo e ainda indica o aporte próximo dos sedimentos das falésias e pequenos estuários próximos.

Figura 23: Exemplificação do compartimento das praias com terraços de abrasão. Estação S2 - Praia Formosa. Fotos: dezembro, 2018



Fonte: autoria própria.

Devido à dissipação das ondas sobre os terraços de abrasão, mesmo sob alta energia e inibição de correntes, o volume de sedimentos entre a praia e antepraia, apesar de existente, é pouco expressivo.

Ao longo da planície deltaica do rio Doce, devido à proximidade da descarga fluvial e ainda o grau de exposição às ondas e correntes longitudinais atuantes, dois subcompartimentos são identificados. O trecho que inclui as praias de Barra do Riacho (S4), Comboios (S5), Regência (S6) e Povoação (N1) (Figura 24), de maneira geral, apresenta baixos teores de carbonato e minerais pesados. As areias destas praias classificaram-se como areias médias a muito grossas, com moderado a bom grau de seleção e assimetria variando entre -0,63 e 0,25. Neste setor foi observada uma maior ocorrência de grãos sub-angulosos e angulosos e um aumento na frequência de grãos sub-arredondados e arredondados em comparação ao compartimento dos terraços. O grau de arredondamento valida o aporte recente do rio Doce para estas praias.

Figura 24: Exemplificação do subcompartimento da planície deltaica do rio Doce. Estação S5 - Praia de Comboios. Fotos: abril, 2019.



Fonte: autoria própria.

Os perfis S4, S5 e S6 estão na margem sul da planície deltaica do rio Doce. A plataforma continental nesse trecho sofre considerável estreitamento chegando a 38 km de largura. A costa sofre inflexão para E-SE e fica mais exposta às ondas de maior energia provenientes desse quadrante. Altamente exposto encontra-se também o N1, na desembocadura norte do rio.

Devido ao alto grau de exposição foi possível verificar alta mobilidade dos perfis na praia. De maneira geral, houve acúmulo de sedimentos na porção emersa em todos os perfis, e ainda a migração de banco da antepraia para a praia nas estações mais próximas ao rio, onde bancos foram identificados na campanha de dezembro. Contudo, nos dias que antecederam essa campanha as ondas eram mais energéticas e provenientes do quadrante E-SE. A variação morfológica não estaria de acordo com o desenvolvimento do transporte longitudinal de sul para norte, sugerido por Oliveira et al. (2015), sob condições de ondas mais energéticas, e sim com processos oscilatórios transversais.

Rumo ao norte, o trecho compreendendo as praias de Degredo (N2), Pontal do Ipiranga (N3), Barra Nova (N4) e Guriri (N5) (Figura 25) são caracterizadas pela composição siliciclástica e elevados teores de minerais pesados. Teores que se elevam sob condições mais energéticas de ondas, conforme postulado por Rao (1957). As areias destas praias foram classificadas como areias médias a muito finas, como moderado a bom grau de seleção e assimetria variando entre -0,46 e 0,27. Os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento predominantemente anguloso e sub-anguloso. Observa-se ainda o afinamento dos grãos rumo à deriva litorânea para norte, assim como o incremento de minerais pesados, validando assim, o transporte dos sedimentos a partir da desembocadura fluvial.

Figura 25: Exemplificação do subcompartimento da planície deltaica do rio Doce. Estação N5 - Praia de Guriri. Fotos: dezembro, 2018.



Fonte: autoria própria.

Em termos morfodinâmicos, à medida que se distancia da foz, os perfis N2, N3, N4 e N5 variam de intermediários e refletivos a dissipativos. O alargamento da plataforma favorece a deposição dos sedimentos, que uma vez depositados na região da praia emersa podem formar dunas. A dissipação da energia das ondas é maior, quando comparada com a energia ao sul do rio Doce, e a mobilidade dos perfis é menor.

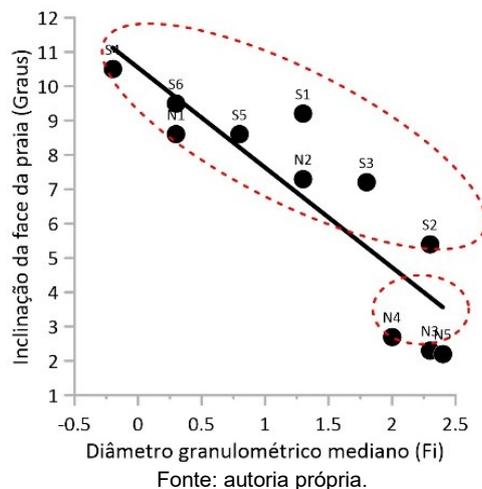
As características granulométricas e composicionais dos sedimentos e o transporte destes ao longo da costa atuam sobre as características morfodinâmicas das praias. Nas Figura 26 e Figura 27 podem ser observados os parâmetros que traduzem a tipologia praial encontrada.

Figura 26: Relação entre profundidade de fechamento, altura da berma da praia e altura de alcance do espraiamento da onda na face da praia, como reflexo da energia da onda que chega na orla costeira.



Fonte: autoria própria.

Figura 27: Relação entre o diâmetro granulométrico mediano e a inclinação da face praial.



A caracterização geomorfológica se reflete na morfologia em termos da profundidade de fechamento, na altura da construção da berma da praia e na altura do espraiamento da onda na face praial (Figura 26). Somado ao efeito da morfologia do fundo marinho, há a influência da granulometria dos sedimentos da praia, reflexo, por sua vez, dos sedimentos reliquiários da antepraia e da distância de áreas fontes, como desembocaduras fluviais, falésias ativas e produção carbonática, no sentido de determinar a inclinação da face da praia (Figura 27) que por sua vez está intimamente relacionada ao estágio morfodinâmico praial.

Praias intermediárias e refletivas encontram-se associadas às areias grossas e praias com alta inclinação da face praial. Praias com classificação dissipativa, e muitas vezes associadas a dunas frontais, são encontradas na porção norte da planície deltaica do Rio Doce (N3 a N5), onde há a deposição dos sedimentos finos transportados por deriva litorânea a partir do Rio Doce, conforme observado por Albino et al., (2016) e Oliveira et al. (2015).

Minerais pesados são encontrados em frações mais finas e apresentam equivalência hidráulica com os minerais leves de quartzo, sempre mais grossos que os minerais pesados. Dessa forma, a concentração alta dos minerais pesados nas praias ao norte favorece o deslocamento do diâmetro médio para os finos, onde a baixa porosidade dos sedimentos auxilia, por sua vez, a deposição destes pesados. Na classificação dos minerais pesados destaca-se ainda o predomínio de opacos, como ilmenitas, hematitas e magnetitas, oriundos do ferro. Por outro lado, sedimentos grossos encontrados ao longo das demais praias, indicam a alta mobilidade da praia e possível transporte de grande parte das areias de fração fina e lama depositadas após o acidente. Contudo, o leve afinamento do diâmetro médio, os altos teores de opacos e a presença da lama em profundidades acima do perfil de fechamento da praia, isto é, na área de dinâmica praial, sugerem a incorporação destas frações na recente morfodinâmica das praias.

### 1.3 CONCLUSÃO

O levantamento ao longo dos 11 perfis entre Praia Mole e Praia de Guriri indicaram que as praias adjacentes à desembocadura do rio Doce, rumo ao norte, são possivelmente impactadas pela presença de lama e de minerais pesados provenientes desse rio. A presença de lama em profundidade de atuação hidrodinâmica de ondas, onde, portanto, esperava-se encontrar areias, indica o grande aporte recente do rio Doce. A presença de lama ainda está associada ao predomínio de minerais pesados de ferro, o que pode indicar o depósito dos rejeitos ao longo das praias.

Por outro lado, ao sul, mais uma vez são validados diferentes compartimentos morfodinâmicos quando comparados à influência da carga e descarga fluvial, conforme Albino et al., (2016). A deriva para norte e a rugosidade da antepraia, marcada pela presença dos terraços de abrasão, não facilita deposição de sedimentos do rio Doce neste compartimento, que se manteve predominantemente composto por sedimentos carbonáticos e com baixo grau de arredondamento, associado aos grãos provenientes da erosão das falésias antes e após o acidente.

Neste sentido, para o segundo ano de amostragem sugere-se que levantamentos detalhados possam responder: a) qual o alcance máximo da lama rumo ao norte ao longo do litoral capixaba e b) em que condições energéticas a lama, depositada nas águas rasas e intermediárias, podem ser colocadas em mobilização e vir alcançar a praia emersa.

Neste sentido sugere-se:

- Manter, estender e detalhar a malha amostral dos perfis emersos e submersos entre Comboios e Itaúnas, porção adjacente e norte onde os sedimentos provenientes do Rio Doce são preferencialmente depositados.
- Realizar levantamento batimétrico e geofísico (com sonar de varredura lateral) e coleta de sedimentos detalhada na antepraia do compartimento norte do rio Doce, onde as lamas são presentes, a fim de determinar sua mobilidade em função das variáveis meteoceanográficas e possível incorporação aos sedimentos da praia emersa. Ainda para o levantamento batimétrico sugere-se que seja realizado com jet-ski na zona de arrebentação para que o perfil topobatimétrico não apresente descontinuidade e seja determinada com maior precisão a profundidade de fechamento da praia e a sedimentologia na zona de maior dinâmica da praia.
- Excluir as coletas ao longo do testemunho da berma para análises físicas e geoquímicas.

#### 1.4 REFERÊNCIAS

- ALBINO, J., CONTI NETO, N., OLIVEIRA, T. C. A., 2016. The beaches of Espírito Santo. In: SHORT, A. D., KLEIN, A. H. F. (Eds), Brazilian beach systems. Springer, Sydney, pp. 333-361.
- ALBINO, J., SUGUIO, K. 2011. The influence of sediment grain size and composition on the morphodynamic state of mixed siliciclastic and bioclastic sand beaches in Espírito Santo state, Brazil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 12(2).
- ALBINO, J., SUGUIO, K. 2010. Sedimentation processes and beach morphodynamics active at the Doce River mouth, Espírito Santo State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82 (4), 1031-1044.
- ALBINO, J., 1999. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação, ES. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo.
- ALBINO, J., GIRARDI, G., NASCIMENTO, A. K., 2006. Atlas de Erosão e Progradação Costeira do Litoral do Espírito Santo. In: Muehe, D. (Org), Atlas de erosão e progradação do litoral brasileiro. MMA, Brasília-DF, pp. 227-264.
- ALBINO, J., PAIVA, D. S., MACHADO, G. M., 2001. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. *Geografares*, 2, 63-69.
- BASCOM, W. N., 1951. The relationship between sand size and beach-face slope. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 32(6), 866-874.
- BITTENCOURT, A. C. S. P., DOMINGUEZ J. M. L., MARTIN L., SILVA I. R., DE MEDEIROS K. O. P. 2007. Past and current sediment dispersion pattern estimates through numerical modeling of wave climate: na example of the Holocene delta of the Doce River, Espírito Santo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 79(2):333–341.
- COWELL, P.J., HANSLOW, D.J., MELEO, J.F. 1999. The shoreface. In: Short, A.D. (Ed). *Handbook of beach and shoreface dynamics*. John Wiley and Sons, p. 39-71.
- DOMINGUES, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P., MARTIN, L. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 11(4):227-237.
- DOMINGUES, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P., MARTIN, L. 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas a desembocaduras dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 13(4):93-105.
- JACKSON, D. W. T., COOPER, J. A. G., 2009. Geological control on beach form: accommodation space and contemporary dynamics. *Journal of Coastal Research*, 69-72.

- MARTIN, L., SUGUIO, K., DOMINGUEZ, J.M.L., FLEXOR, J.M., 1997. Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. CPRM, Belo Horizonte, 2.
- MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J.M., ARCHANJO, J.D. 1996. Coastal Quaternary formations of the Southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). Anais da Academia Brasileira de Ciências, 68 (3), 389-404.
- MUÑOZ-PEREZ, J. J., TEJEDOR, L., MEDINA, R., 1999. Equilibrium beach profile model for reef-protected beaches. Journal of Coastal Research, 950-957.
- OGAWA, H., DICKSON, M. E., KENCH, P. S., 2015. Hydrodynamic constraints and storm wave characteristics on a sub-horizontal shore platform. Earth Surface Processes and Landforms, 40 (1), 65-77.
- OLIVEIRA, T. C. A, ALBINO, J., VENANCIO, I. D. 2015. Littoral longshore sediment transport along the deltaic plain of Rio Doce. Quaternary Environmental Geosciences, 6(1):20–25. doi: 10.5380/abequav6i1.36738.
- SHORT, A. D. 1999. Handbook of beach and shoreface morphodynamics. Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- SHORT, A. D., WRIGHT, L. D., 1984. Morphodynamics of high energy beaches: an Australian perspective. Coastal geomorphology in Australia, 43-68.
- SORENSEN, R. M. Basic Coastal Engineering, Chapman and Hall, New York. 1997.
- SWIFT, D.J.P., 1976. Continental shelf sedimentation. In: STANLEY, D.J., SWIFT, D.J.P. (Eds). Marine sediment transport and environmental management, John Wiley and Sons, New York, p. 311-350.
- WRIGHT, L.D., SHORT, A.D., 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. Marine Geology, 56, 93–118.

## 2 SUBPROJETO: GEOQUÍMICA

### 2.1 OBJETIVO

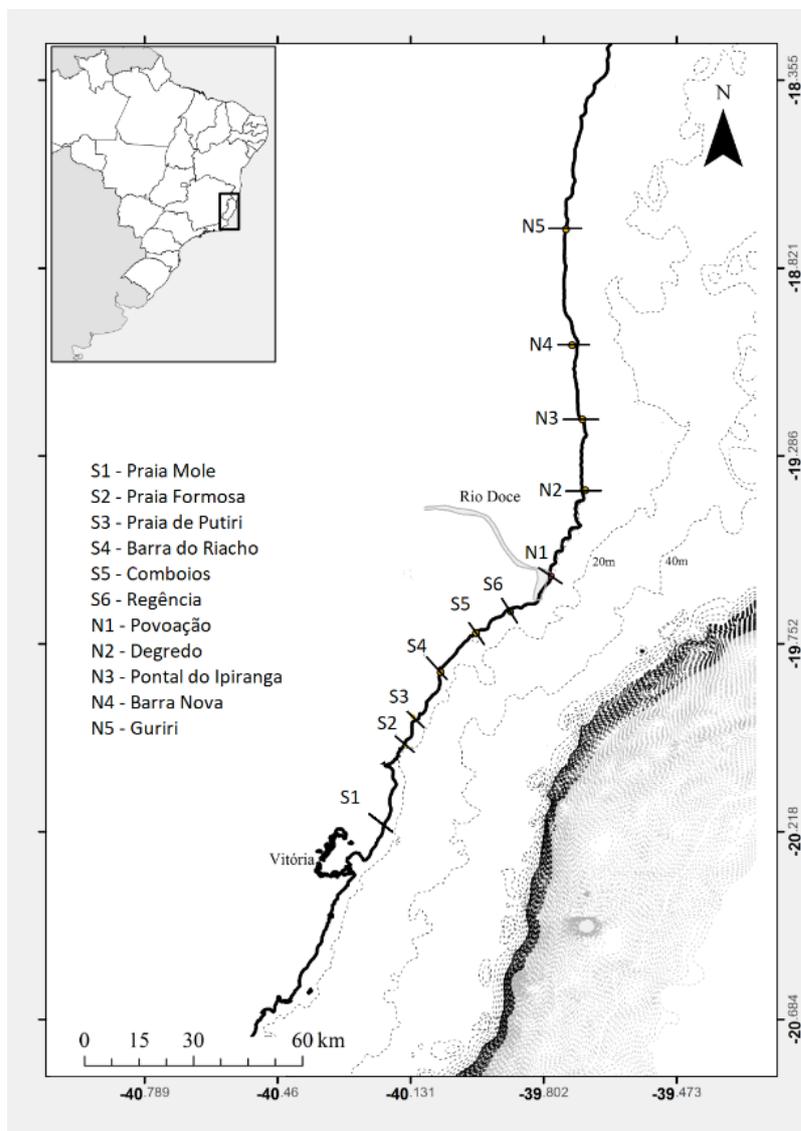
O objetivo geral é apresentar os resultados da concentração de elementos químicos em sedimentos coletados na praia e antepraia adjacentes à desembocadura do rio Doce. Os resultados referem-se aos obtidos para a primeira campanha (realizada no período de 21 a 30 de setembro de 2018) do monitoramento químico dos potenciais impactos do rejeito de minério de ferro. Amostras de sedimento de praia (areia) foram coletadas nas estações pré-definidas (consenso entre os órgãos ambientais, a Fundação RENOVA e a Fundação Espírito-Santense de Tecnologia – FEST) e os elementos determinados foram Al, As, Ba, Cd, Cr, Co, Fe, Mn e V. Para essa avaliação foram obtidos extratos aquosos a partir do método USEPA 3051A, da qual obtém-se a concentração pseudo total, e da norma ASTM D3974-09, da qual obtém-se a concentração biodisponível desses elementos. A concentração dos elementos químicos nas amostras de sedimento será tratada no escopo desse relatório como parâmetros. Esses parâmetros serão utilizados como possíveis indicadores do impacto causado pela lama do rejeito de minério de ferro oriundo do acidente ambiental da SAMARCO sobre a costa do Estado do Espírito Santo adjacente à foz do rio Doce.

### 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliação química do sedimento das praias, nas 10 estações amostrais previamente definidas e constantes no termo de referência TR4, foram coletadas amostras nas seguintes feições: berma (B), face inferior (FI), interface praia-antepraia (P-A) e na antepraia (isóbatas de 5 m (I5) e 10 m (I10)). Na berma foram realizadas trincheiras de aproximadamente 1 metro de profundidade e amostras de sedimento foram coletadas na superfície e em diferentes profundidades, as quais foram identificadas como BTF1, BTF2, ..., BTFn, dependendo do número de fácies encontradas. As amostras coletadas foram devidamente preservadas a 4°C para evitar a perda de elementos voláteis.

Para uma melhor avaliação e interpretação dos dados obtidos nesse estudo, as estações amostrais foram divididas considerando a foz do rio Doce como ponto central do mapa amostral, de tal forma que 5 estações amostrais se situam ao sul do rio Doce e 5 pontos amostrais ao norte do rio Doce. A Figura 28 e o Quadro 3 apresentam as estações de amostragem e suas respectivas coordenadas.

Figura 28: Localização das estações amostrais. Estação S1 Praia Mole incluída no monitoramento a partir de dezembro de 2018.



Fonte: autoria própria.

Quadro 3: Localização das estações amostrais para o monitoramento dos sistemas praias adjacentes à desembocadura do rio Doce (ANEXO 4).

Nome da estação	Código da estação	Northing	Easting
Praia Mole	S1	7761497	373218
Praia Formosa	S2	7790273	380535
Praia de Putiri	S3	7798482	385021
Barra do Riacho	S4	7808956	389631
Comboios	S5	7818548	398483
Regência	S6	7824486	407365
Povoação	N1	7834368	417848
Degredo	N2	7857326	426483
Pontal do Ipiranga	N3	7879287	425449

Nome da estação	Código da estação	Northing	Easting
Barra Nova	N4	7898014	423038
Guriri	N5	7929487	421281

Fonte: autoria própria.

Levando em consideração a magnitude do desastre de Mariana bem como a complexidade do impacto gerado por este, faz-se necessária a avaliação de diversos parâmetros ambientais para que possa ser realizada uma elucidação mais abrangente da magnitude e extensão do potencial dano ambiental decorrente desse episódio. Do ponto de vista da composição química das praias atingidas pelo rejeito de minério de ferro da SAMARCO é importante realizar uma avaliação da fração mássica (concentração) “total” de cada elemento químico presente nos diferentes compartimentos que compõem o sistema praias bem como uma avaliação da fração biodisponível desses elementos.

O método USEPA 3051A (2007) consiste na decomposição da amostra com aquecimento assistido por radiação micro-ondas utilizando HNO<sub>3</sub> ou uma mistura de HNO<sub>3</sub> e HCl com um programa de temperatura específico. Esse método promove uma decomposição parcial das amostras de sedimento, a partir da oxidação e/ou complexação dos elementos químicos e, dessa forma, ocorre uma decomposição “pseudo total”, visto que elementos associados aos silicatos ou alguns metais de alta resistência química não são extraídos. Embora a concentração total dos elementos químicos incorporados ao sedimento não é rapidamente disponibilizada ao ambiente aquático, mudanças nas condições físico-químicas nesses ambientes, pH, temperatura, salinidade, potencial redox e matéria orgânica podem permitir que esses elementos sejam disponibilizados.

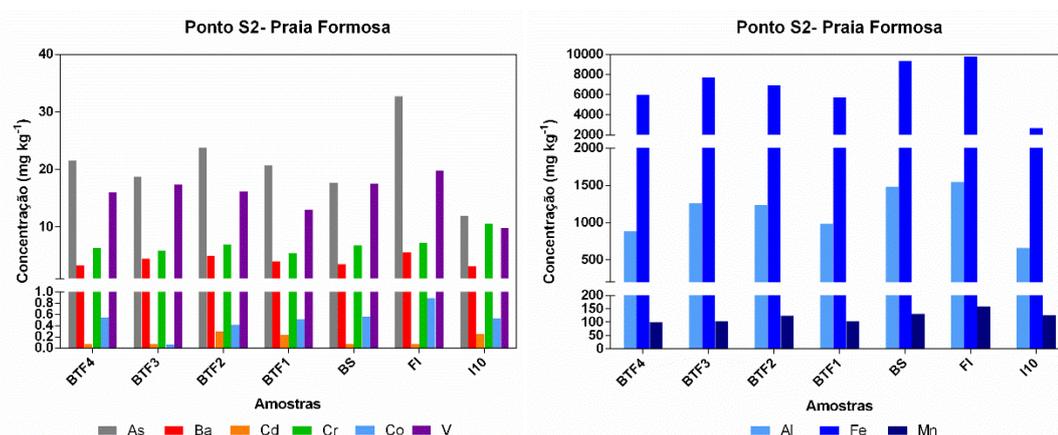
O método ASTM D3974-09 (2015) por sua vez, promove uma extração branda dos elementos químicos a partir da lixiviação com solução de HCl 5% v v-1. Nessas condições apenas os elementos químicos lábeis e fracamente ligados/adsorvidos nos grãos do sedimento são liberados para a solução ácida. Esse método de extração ácida fornece informações sobre a biodisponibilidade dos elementos químicos presentes nas amostras e quanto maior for a biodisponibilidade maior será o risco potencial de contaminação do ambiente aquático, uma vez que esses elementos biodisponíveis podem entrar na cadeia trófica e, por um processo de biomagnificação, podem chegar ao ser humano através da alimentação. Os resultados encontrados para a quantificação dos elementos químicos pelo método USEPA 3051A são apresentados na seção 2.2.1 e pelo método ASTM D3974-09 na seção 2.2.2.

### 2.2.1 Fração pseudo total

De modo geral, todas as amostras coletadas ao longo do perfil da praia Formosa (S2), não apresentaram tendências para os elementos As, Al, Ba, Cd, Cr, Co, Cr, Mn e V. Pode ser observado que a concentração de Fe encontrada na face da praia é maior do que as encontradas nas amostras da trincheira da berma. Esse fato pode ser um indício de que a composição química na face da praia, no momento da coleta, pode ter sido influenciada pela incidência de ondas que podem revolver o sedimento do fundo na parte submersa da praia depositando esse sedimento na face inferior da praia. Na amostra coletada na isóbata de 10 m observou-se as menores concentrações de ferro. Os

elementos Ag, Cu, Ni, Pb, Sn, Zn apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos.

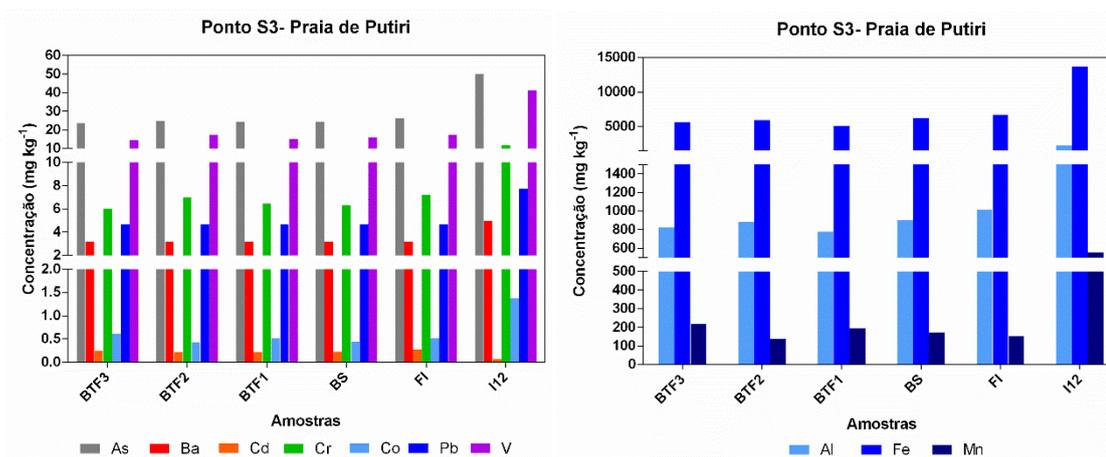
Figura 29: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia Formosa (S2). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma Testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; I10: Isóбата 10 metros.



Fonte: autoria própria.

O comportamento observado para a distribuição dos elementos químicos na praia Formosa não se reproduziu na próxima estação amostral S3, a praia de Putiri (Figura 30).

Figura 30: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Putiri (S3). BTF3: Berma testemunho facie 3 (30 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (90 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; I12: Isóбата 12 metros.



Fonte: autoria própria.

Como pode ser observado na Figura 30, a concentração dos elementos não apresentou tendências entre as amostras coletadas nas diferentes profundidades da trincheira bem como as amostras superficiais coletadas na berma e na face inferior. Entretanto, a amostra coletada na isóбата de 12 metros apresentou uma concentração aproximadamente duas vezes maior em comparação com as amostras da região emersa.

Uma possível explicação para essa maior concentração dos elementos químicos na amostra coletada na isóbata de 12 m pode ser devido à influência e contribuição do rio Piraquê Açu que, dada sua proximidade, pode ser uma fonte de aporte desses elementos e que podem ser depositados no sedimento submerso da praia de Putiri (Figura 31). Os elementos Ni, Ag, Cu, Sn e Zn apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos.

Figura 31: Localização das estações amostrais praia Formosa (S2) e Putiri (S3) em relação à foz do rio Piraquê Açu



Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acessado em 25/03/2019.

Um fato interessante que pode ser observado na Figura 30 e na Figura 29 é que as concentrações de Fe nas amostras de sedimento da berma e da face das praias são da mesma ordem de grandeza e não apresentam diferença significativa entre as duas praias. Entretanto, a concentração de Fe nas amostras da isóbata de 12 metros, da praia de Putiri (S3) apresentou uma concentração média de  $13652 \text{ mg kg}^{-1}$  o que representa um aumento de aproximadamente 5 vezes se comparada com o resultado encontrado para a isóbata de 10 metros na praia Formosa (S2). Apesar de outros fatores influenciarem esse comportamento, pode ser ressaltado que a praia Formosa está situada numa posição mais abrigada e protegida da influência do rio Piraquê Açu e esse pode ser um dos fatores que contribuíram para um menor aporte de material oriundo do rio na praia Formosa (S2).

Um trabalho interessante desenvolvido por Mirlean et al. (2012), estudou o enriquecimento de arsênio em sedimentos da costa do Espírito Santo e uma das estações amostrais estudadas é próxima geograficamente da praia de Putiri (estação amostral S3 do projeto da Rede Rio Doce Mar). Os autores relatam que a presença de óxidos de ferro e manganês favorece a adsorção de arsênio e sua retenção no sedimento marinho. É importante ressaltar que os resultados encontrados pelos autores para amostras de sedimento coletadas na parte emersa da praia foram aproximadamente  $31 \text{ mg kg}^{-1}$  para o As e  $0,46\% \text{ m m}^{-1}$  para o Fe (o que corresponde a  $4600 \text{ mg kg}^{-1}$ ), resultados esses, na mesma ordem de grandeza encontrada na primeira campanha amostral do projeto da Rede Rio Doce Mar (As  $\sim 25 \text{ mg kg}^{-1}$  e Fe  $\sim 5900 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Vale ressaltar que os resultados encontrados por Mirlean et al. (2012) foram anteriores ao rompimento da barragem de rejeito de minério de ferro de Mariana e, ainda que as

concentrações de ferro sejam da mesma ordem de grandeza, os resultados encontrados atualmente são maiores para ferro, 3 anos depois do acidente ambiental.

Na costa do Espírito Santo existem uma importante zona de conservação ambiental, composta pela Terra Indígena de Comboios e a Reserva Biológica de Comboios. Essas áreas se estendem de Barra do Riacho até Regência. Considerando a importância dessas áreas protegidas, torna-se imperativo realizar uma avaliação da possível contaminação por elementos tóxicos oriundos da lama do rejeito de minério de ferro do acidente de Mariana.

Para realizar essa avaliação, 3 estações amostrais foram monitoradas na extensão dessas áreas, a saber, Barra do Riacho (S4), Comboios (S5) e Regência (S6) (Figura 32).

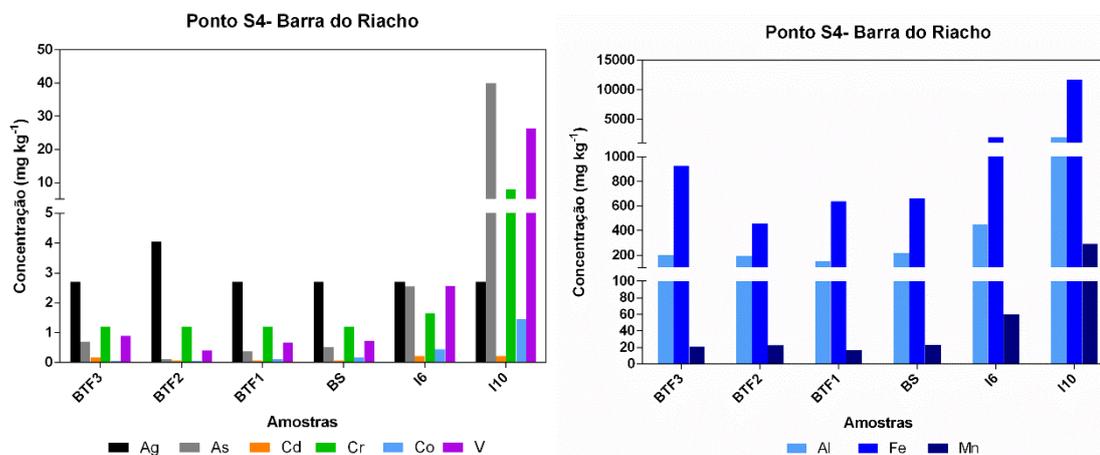
Figura 32: Estações amostrais ao longo da Terra Indígena e Reserva Biológica de Comboios.



Fonte: autoria própria.

Na Figura 33 são apresentados os resultados obtidos para os elementos químicos na praia de Barra do Riacho (S4) e pode ser observado que a concentração dos elementos nas amostras coletadas na trincheira da berma e na face da praia é menor do que àquelas encontradas nas praias Formosa (S2) e Putiri (S3). Entretanto, as amostras coletadas na parte submersa da praia, principalmente na isóbata de 10 m, apresentaram uma concentração de Fe aproximadamente 17 vezes superior à concentração média de Fe nas amostras da berma, o que caracteriza uma composição química significativamente diferente em relação à parte emersa da praia.

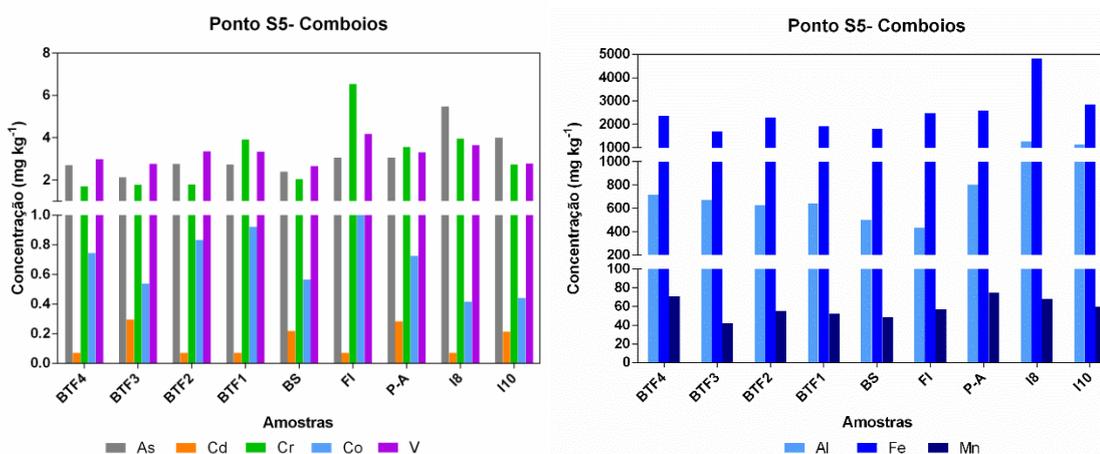
Figura 33: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Barra do Riacho (S4). BTF3: Berma testemunho facie 3 (30 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (90 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; I6: Isóбата 6 metros; I10: Isóбата 10 metros.



Fonte: autoria própria.

A estação amostral S5, Comboios, apresentou concentração de V, Cr, Co e As inferiores às encontradas nas estações amostrais S2 e S3. Quando a concentração desses elementos é avaliada ao longo do perfil praiar não é observada uma diferença entre as feições, como pode ser observado na Figura 34. A concentração de ferro na isóбата de 5 m foi aproximadamente 2 vezes maior do que a encontrada nas amostras da berma e aproximadamente 2,5 vezes maior do que a encontrada na isóбата de 5 m na estação amostral S4. Entretanto, o resultado encontrado para a isóбата de 10 m apresentou uma redução de aproximadamente 4 vezes em relação à estação S4. Os elementos Ag, Ba, Cu, Ni, Pb, Sn e Zn apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos.

Figura 34: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Comboios (S5). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma Testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I8: Isóбата 8 metros; I10: Isóбата 10 metros.

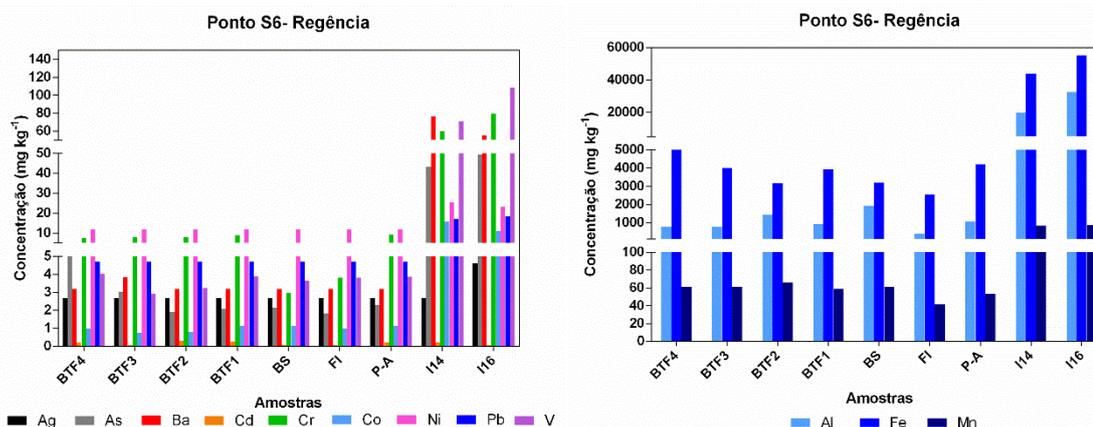


Fonte: autoria própria.

Na estação amostral da praia de Regência (S6), pertencente à Reserva Biológica de Comboios, também está localizado o projeto Tamar. Essa praia é considerada um importante local de nascimento de diversas tartarugas, algumas inclusive em risco de extinção.

Nessa estação observa-se um pequeno aumento na concentração de Cr (Figura 35) encontrada na Berma, Face e na interface Praia – Antepraia em relação à encontrada na estação amostral da praia de Comboios (Figura 34). Entretanto, a concentração de ferro nas amostras coletadas na berma, apresentaram uma concentração aproximadamente 2 vezes superior ao encontrado na estação amostral S5 (praia de Comboios).

Figura 35: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Regência (S6). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I14: Isóбата 14 metros; I16: Isóбата 16 metros.



Fonte: autoria própria.

Observando-se a concentração dos elementos químicos encontrados nas amostras das isóbatas de 14 m e 16 m, pode-se observar um aumento significativo em comparação às amostras da Berma, Face e interface Praia – Antepraia. A concentração de ferro na isóбата mais profunda da praia de Regência (S6) apresentou um aumento de aproximadamente 19 vezes quando comparado com os resultados encontrados para a praia de Comboios (S5).

A praia de Regência (S6) se situa ao sul da foz do rio Doce e, devido sua proximidade com a foz, a composição química do sedimento dessa estação amostral está sujeita a mudanças no regime de escoamento do rio Doce e, provavelmente, o acidente de rompimento da barragem de Mariana exerceu uma influência significativa sobre essa estação.

O rompimento da barragem de rejeito de minério de ferro da empresa SAMARCO em Mariana-MG aconteceu no dia 05 de novembro de 2015 e ainda não foram localizados dados pretéritos ao acidente. Dessa forma, é difícil realizar uma avaliação minuciosa sobre a mudança da composição química das praias ao redor da foz do rio Doce. Entretanto, uma empresa particular foi contratada para realizar uma avaliação da contaminação aguda poucos dias após o evento de rompimento da barragem.

A empresa Aplysia Soluções Ambientais, realizou amostragens de água do mar na região da foz do rio Doce avaliando, entre outros parâmetros, a concentração de ferro dissolvido (Comboios, 2016). Além da coleta de amostras de água, a Aplysia Soluções Ambientais avaliou se a pluma da lama de minério de ferro contaminou a praia de Comboios avaliando, para isto, amostras de água e sedimento; vale ressaltar que um dos pontos de coleta realizada pela empresa Aplysia Soluções Ambientais se encontra próximo à estação de amostragem determinada pela Rede Rio Doce Mar (S6 – Regência).

A Aplysia Soluções Ambientais, realizou ao todo 3 campanhas, posteriores à chegada do rejeito de minério de ferro na foz do rio Doce, a saber:

1ª campanha: dia 25 e 26 de novembro de 2015

2ª campanha: dia 28 de dezembro de 2015

3ª campanha: 27 e 28 de janeiro de 2016

Os resultados encontrados pela empresa Aplysia para a determinação de ferro nas amostras de água superficial e intersticial (nas profundidades de 30 cm, 50 cm e 100 cm) na praia de Comboios indicam que o Fe não se encontra dissolvido sendo os resultados reportados no referido relatório inferiores ao limite de quantificação ( $<0,01$  mg kg<sup>-1</sup>) do método utilizado naquele estudo.

As amostras de sedimento, por sua vez, foram coletadas nas profundidades de 0-5 cm, 25-35 cm e 80-100 cm. Os resultados obtidos para concentração de ferro nas 3 campanhas estiveram entre 1552,8 mg kg<sup>-1</sup> e 6676,4 mg kg<sup>-1</sup>.

A última campanha de amostragem da Aplysia foi realizada em janeiro de 2016, onde foi encontrada a maior concentração de ferro (6676,4 mg kg<sup>-1</sup>) nas amostras de sedimento na praia na profundidade de 80-100 cm. É interessante notar que passados exatamente 3 anos da campanha de amostragem da Aplysia o teor de ferro em profundidade similar se encontra com aproximadamente 4000 mg kg<sup>-1</sup>, resultado maior do que o encontrado pela Aplysia na primeira campanha de amostragem (1979,1 mg kg<sup>-1</sup>). É válido ressaltar que a média da concentração de ferro encontrada considerando todos os resultados obtidos pela empresa Aplysia, considerando também todas as profundidades amostradas, foi de aproximadamente 2222 mg kg<sup>-1</sup> enquanto que a média encontrada para o mesmo ponto amostral 3 anos depois foi de aproximadamente 3888 mg kg<sup>-1</sup>, o que é um indicativo de que a concentração de Fe na praia de Regência ainda não retornou à faixa encontrada na primeira campanha realizada pela Aplysia.

Os resultados encontrados para as estações amostrais situadas ao norte do rio Doce, Povoação (N1), Degredo (N2), Pontal do Ipiranga (N3), Barra Nova (N4) e Guriri (N5) são apresentados na Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39 e Figura 40.

Figura 36: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Povoação (N1). BTF3: Berma testemunho facie 3 (30 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (90 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I6: Isóбата 6 metros; I10: Isóбата 10 metros.

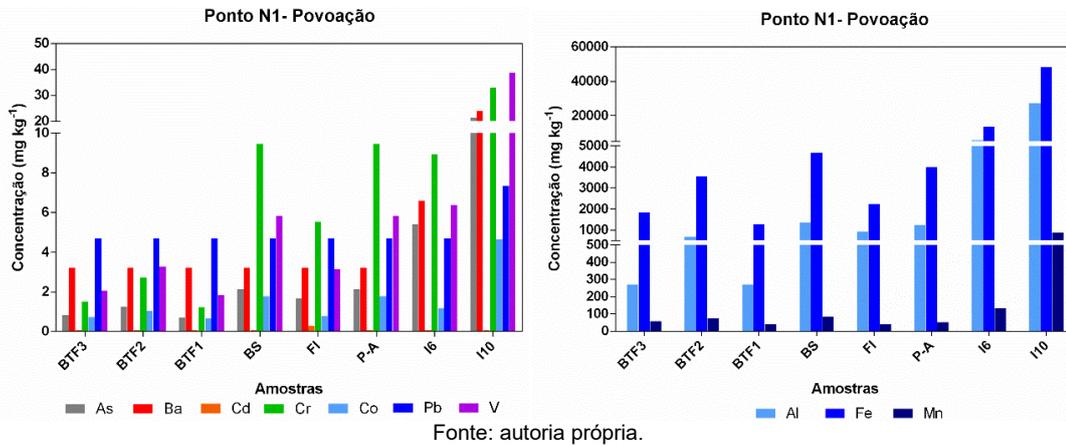


Figura 37: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Degredo (N2). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I5: Isóбата 5 metros; I10: Isóбата 10 metros.

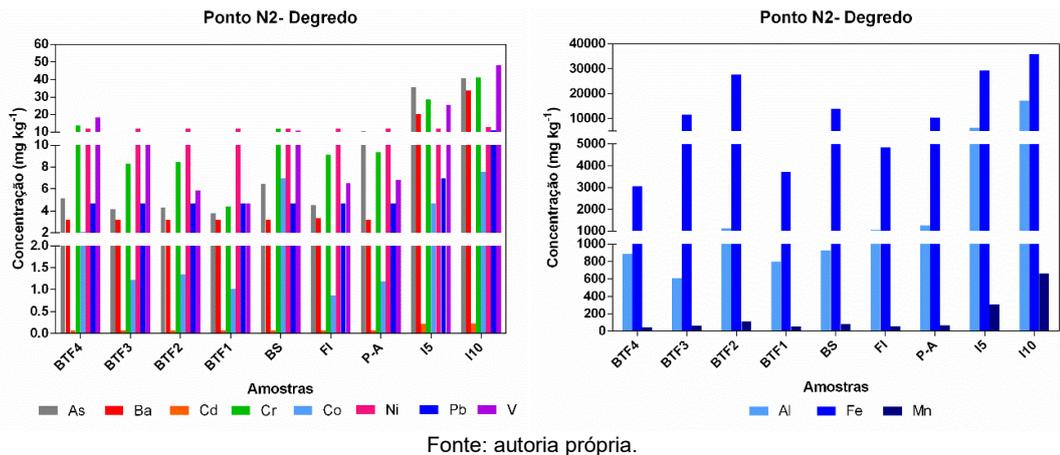


Figura 38: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Pontal do Ipiranga (N3). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I5: Isóбата 5 metros; I10: Isóбата 10 metros.

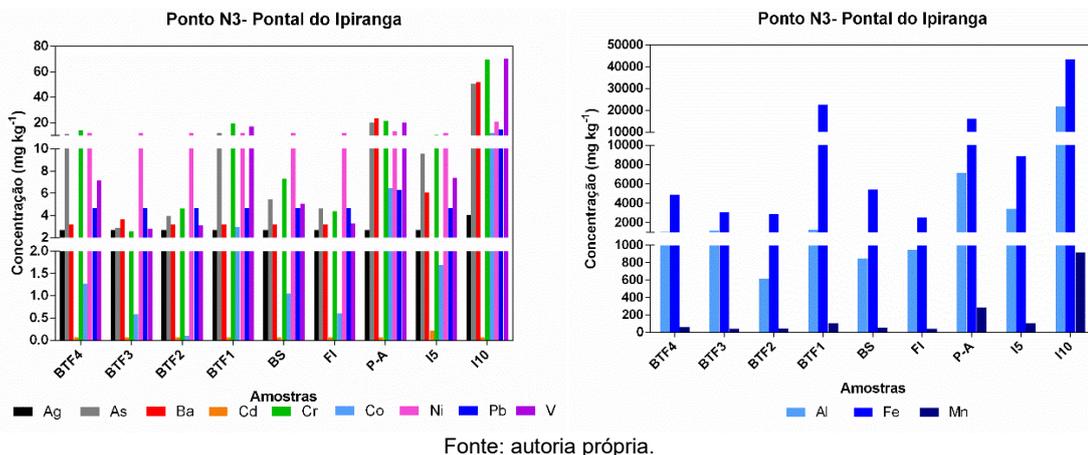


Figura 39: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Barra Nova (N4). BTF5: Berma testemunho facie 5 (20 cm); BTF4: Berma testemunho facie 4 (40 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (60 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (80 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (100 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I5: Isóбата 5 metros; I10: Isóбата 10 metros.

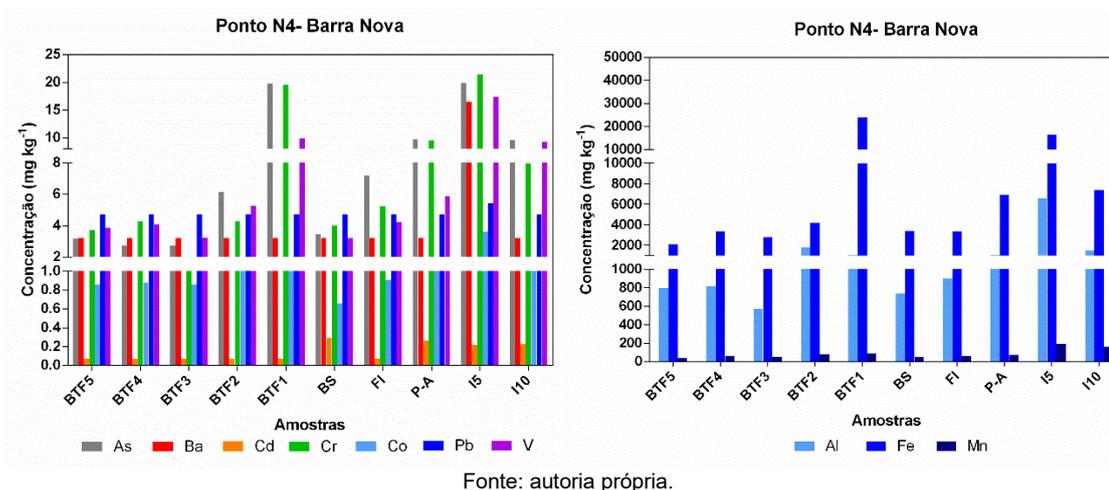
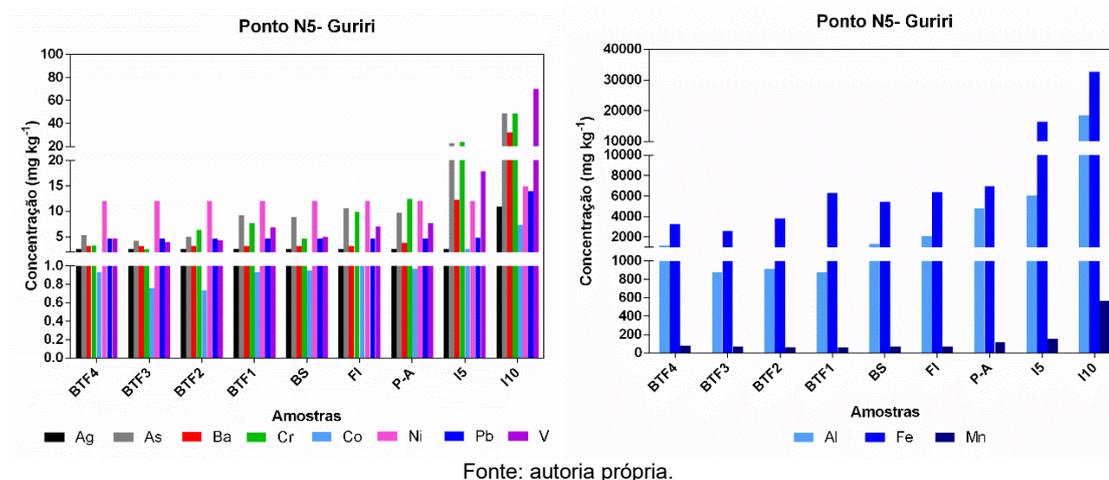


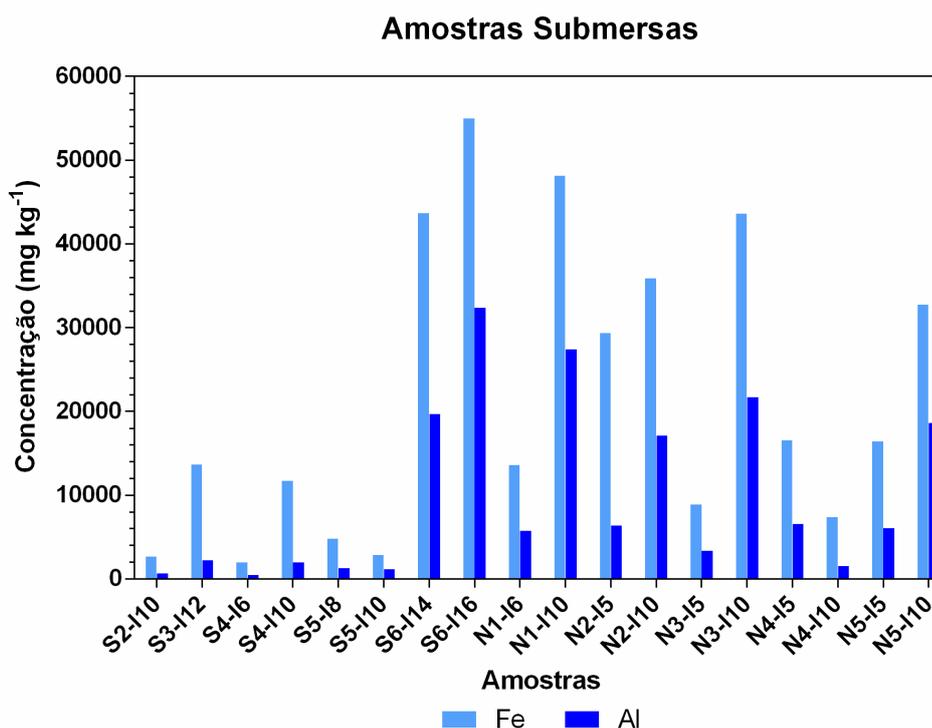
Figura 40: Concentração pseudo total de elementos químicos nas amostras de sedimento da praia de Guriri (N5). BTF4: Berma testemunho facie 4 (20 cm); BTF3: Berma testemunho facie 3 (40 cm); BTF2: Berma Testemunho facie 2 (60 cm); BTF1: Berma Testemunho facie 1 (80 cm); BS: Berma superficial; FI: Face inferior; P-A: Praia-antepraia; I5: Isóбата 5 metros; I10: Isóбата 10 metros.



A concentração dos elementos nas amostras coletadas em diferentes profundidades nas trincheiras da berma das praias, de modo geral, não apresentou diferenças notáveis. Esse comportamento é um indicativo da homogeneidade nos processos deposicionais desta feição praial não afetando a distribuição dos elementos nos perfis amostrados. Avaliando-se os gráficos (Figura 36 a Figura 40) pode-se observar um aumento de concentração dos elementos nas amostras coletadas nas isóbatas de 5 e 10 metros. Uma possível explicação para esse comportamento é a influência do rio Doce sobre a composição química do sedimento coletado na antepraia inferior. A vazão de escoamento do rio Doce pode estar influenciando sobre a concentração dos elementos químicos nos resultados encontrados. Uma outra tendência que pode ser observada é o fato de que a concentração de Fe e Al aumentam em

função da altura da coluna d'água nessa região ao norte da Foz do rio Doce. Os pontos de menor profundidade sofrem com maior intensidade os efeitos de turbulência das ondas pois estão mais próximas da zona de arrebentação. A Figura 41 apresenta as concentrações de Fe e Al nas amostras coletadas nas isóbatas de 5 m e 10 m ao longo da área de estudo.

Figura 41: Concentração de Fe e Al, em mg kg<sup>-1</sup>, nas amostras de sedimento submerso. S2-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral S2; S3-I12: amostra coletada na isóbata de 12 metros na estação amostral S3; S4-I6: amostra coletada na isóbata de 6 metros na estação amostral S4; S4-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral S4; S5-I8: amostra coletada na isóbata de 8 metros na estação amostral S5; S5-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral S5; S6-I14: amostra coletada na isóbata de 14 metros na estação amostral S6; S6-I16: amostra coletada na isóbata de 16 metros na estação amostral S6; N1-I6: amostra coletada na isóbata de 6 metros na estação amostral N1; N1-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N1; N2-I5: amostra coletada na isóbata de 5 metros na estação amostral N2; N2-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N2; N3-I5: amostra coletada na isóbata de 5 metros na estação amostral N3; N3-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N3; N4-I5: amostra coletada na isóbata de 5 metros na estação amostral N4; N4-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N4; N5-I5: amostra coletada na isóbata de 5 metros na estação amostral N5; N5-I10: amostra coletada na isóbata de 10 metros na estação amostral N5.



Fonte: autoria própria.

A alta concentração de ferro nas amostras de sedimento pode ser explicada por uma possível precipitação do Fe<sup>3+</sup> oriundo do rio Doce na forma de hidróxido férrico ao entrar em contato com a água do mar (que apresenta pH alcalino, aproximadamente 8 de acordo com relatório da Aplysia).

De acordo com o relatório publicado pela empresa Aplysia, as amostras de sedimento apresentaram, à época, uma acumulação de ferro ao longo das três campanhas realizadas pela empresa. Segundo os autores, isso seria um indicativo de que a pluma do rejeito de minério de ferro penetrou no sedimento.

Ainda de acordo com autores do relatório da empresa Aplysia, o rio Doce é a principal fonte de ferro para o ecossistema marinho da região. Os autores apontam alguns fatores que podem estar contribuindo com o comportamento biogeoquímico do ferro na região, entre eles os processos químicos (coagulação), biológicos (fitoplâncton) ou geológicos (adsorção em sedimentos).

### 2.2.1.1 Análise Quimiométrica dos dados

Para a redução da dimensão dos dados e identificação de similaridades entre as amostras analisadas foi aplicada a análise por componentes principais (PCA). Antes da construção do modelo PCA os dados foram auto escalonados pois as variáveis que compõem a matriz de dados possuem diferentes ordens de grandeza. Os cálculos foram executados no software MATLAB R2013a.

A redução na dimensão dos dados pela PCA foi realizada pela maximização da variância da matriz de dados  $X_{(n,m)}$ , formada por  $n=82$  amostras e  $m=12$  variáveis (concentração dos elementos que estavam acima dos limites de detecção). Esta é composta por dois modos: das amostras e das variáveis. Na PCA, a matriz  $X$  é decomposta em duas novas matrizes: scores ( $T$ ) contendo informação sobre o modo das amostras e loading ( $P$ ) contendo informação sobre o modo das variáveis, segundo a Equação a seguir:

$$X_{(n,m)} = T_{(n,h)}P^T_{(h,m)} + E_{(n,m)}$$

Onde  $h$  corresponde ao número de componentes principais necessários para explicar a informação relevante da matriz  $X$ . Assim o produto  $T_{(n,h)}P^T_{(h,m)}$  contém informação de interesse do conjunto de dados enquanto que a parte residual (informação irrelevante) está contida na matriz  $E_{(n,m)}$  (Wold et al, 1987).

Neste estudo foram escolhidas as duas primeiras componentes principais, que representam juntas 82,64% da variabilidade total dos dados. Na Figura 42 são mostradas as porcentagens de variância explicada por cada componente principal. O resultado da PCA é representado na Figura 43 pelo gráfico de scores e na Figura 44 pelo gráfico de loadings.

Figura 42: Porcentagem de variância explicada por cada componente principal.

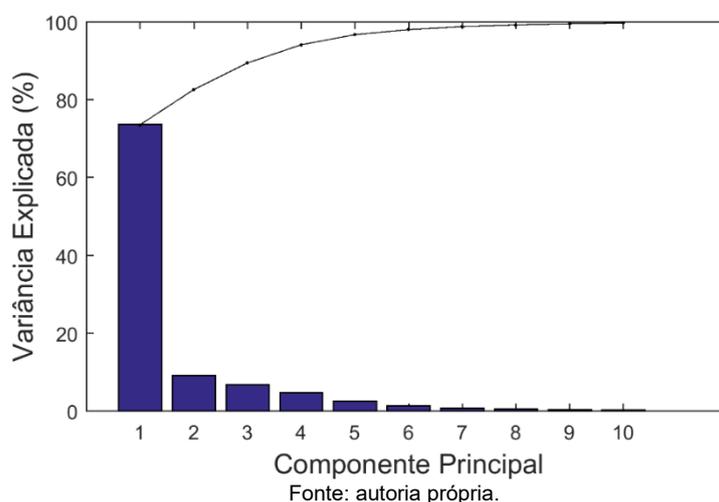


Figura 43: Gráfico PCA: Scores.

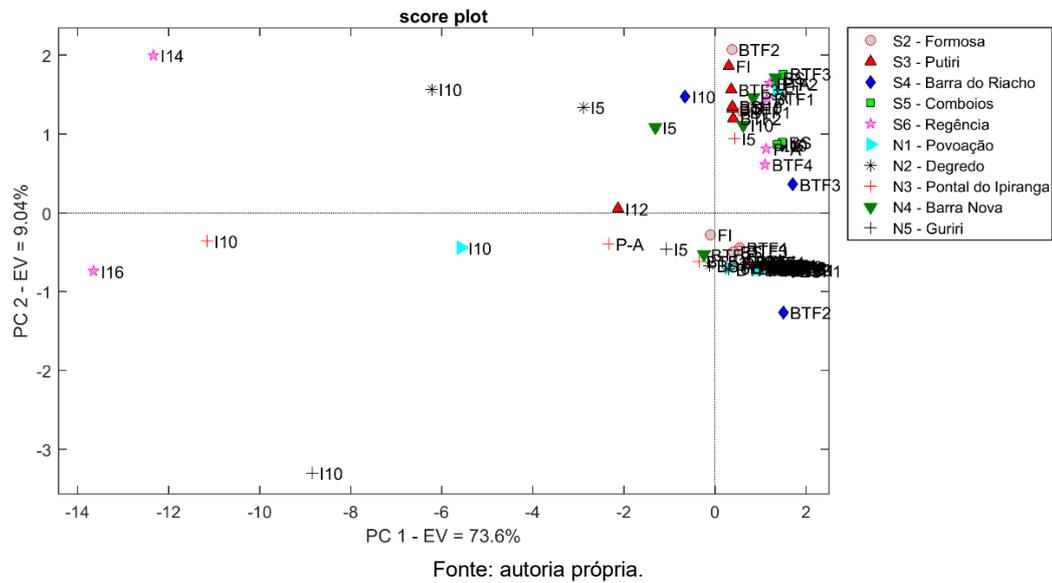
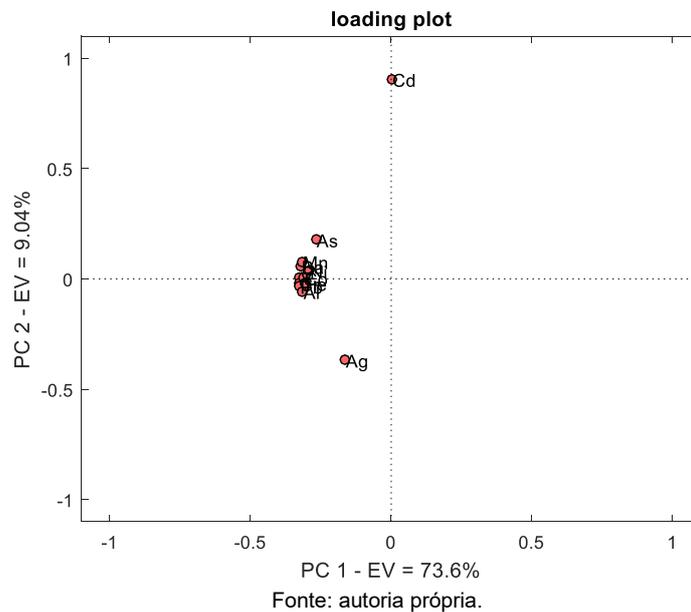
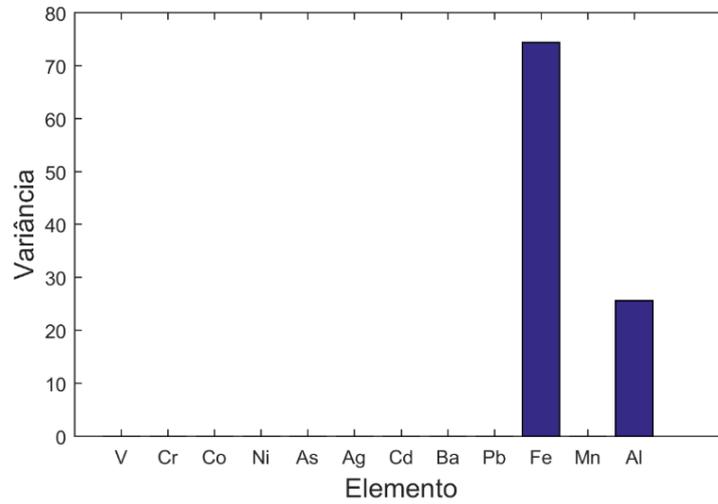


Figura 44: Gráfico PCA: Loadings.



Como pode ser observado na Figura 43, a PC1 foi responsável por explicar 73,6% da variância do modelo enquanto a PC2 9,04%. A primeira componente da análise estatística foi responsável por separar o sedimento das isóbatas de 5 e 10 m desde Regência até Guriri das amostras coletadas ao sul da foz do rio Doce. Os principais parâmetros responsáveis por essa separação foram as concentrações dos elementos Fe e Al, como pode ser observado na Figura 45, principalmente devido ao fato desses elementos possuírem as maiores variâncias no conjunto de elementos estudados.

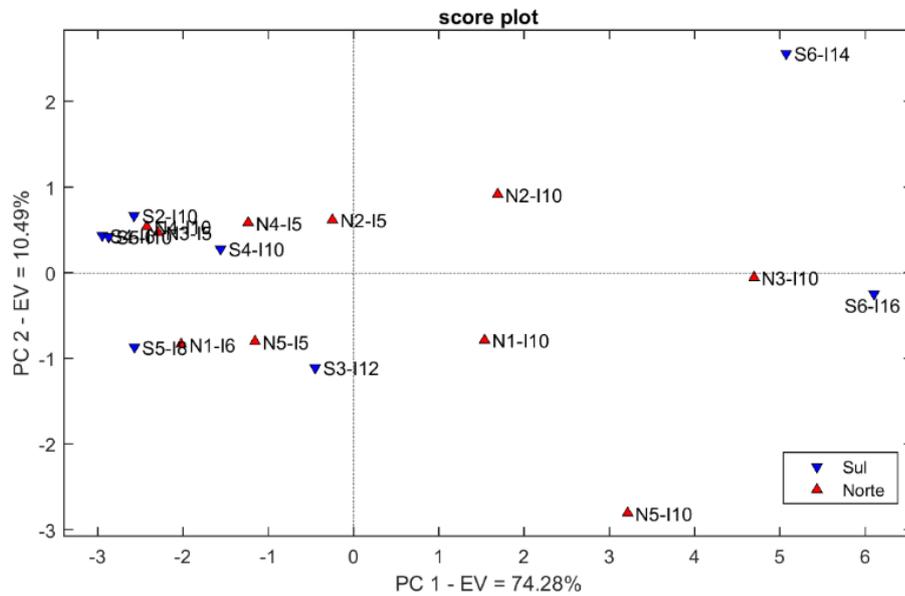
Figura 45: Variâncias dos elementos químicos na PCA.



Fonte: autoria própria.

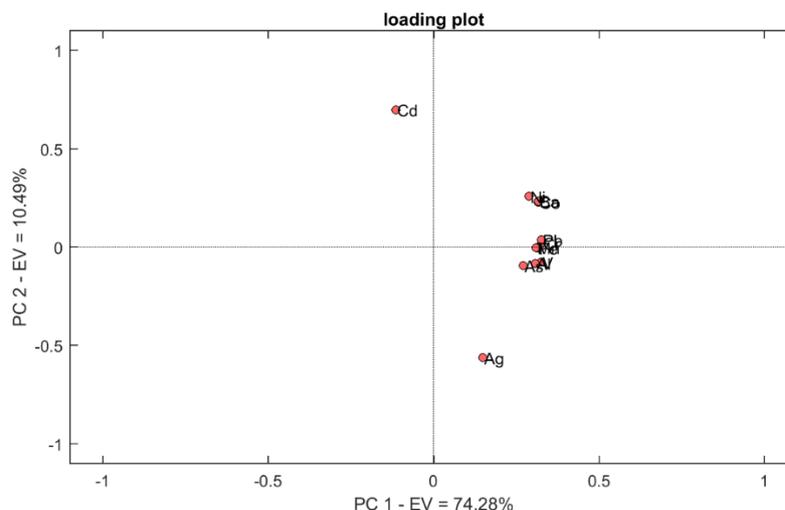
Buscando interpretar melhor os resultados obtidos nas amostras submersas, um segundo modelo PCA foi construído. O novo modelo PCA foi construído a partir de uma matriz de dados  $X_{(n,m)}$ , formada por  $n=18$  amostras e  $m=12$  variáveis, dessa vez considerando apenas as amostras de sedimento das isóbatas de 5 m e 10 m.

Figura 46: Gráfico PCA para as amostras submersas: Scores.



Fonte: autoria própria.

Figura 47: Gráfico PCA para as amostras submersas: Loadings



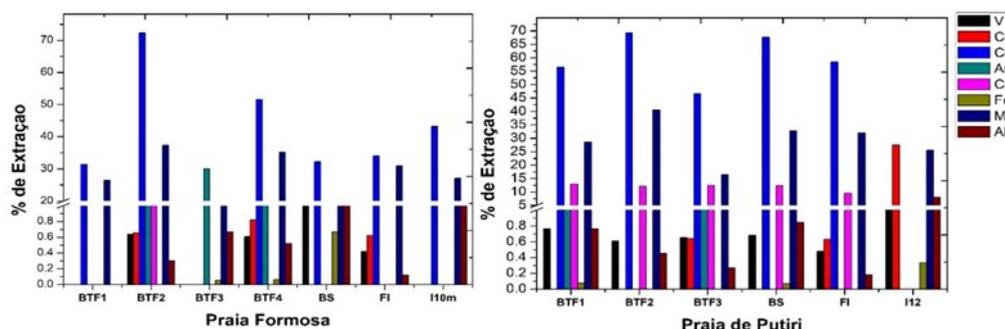
Fonte: autoria própria.

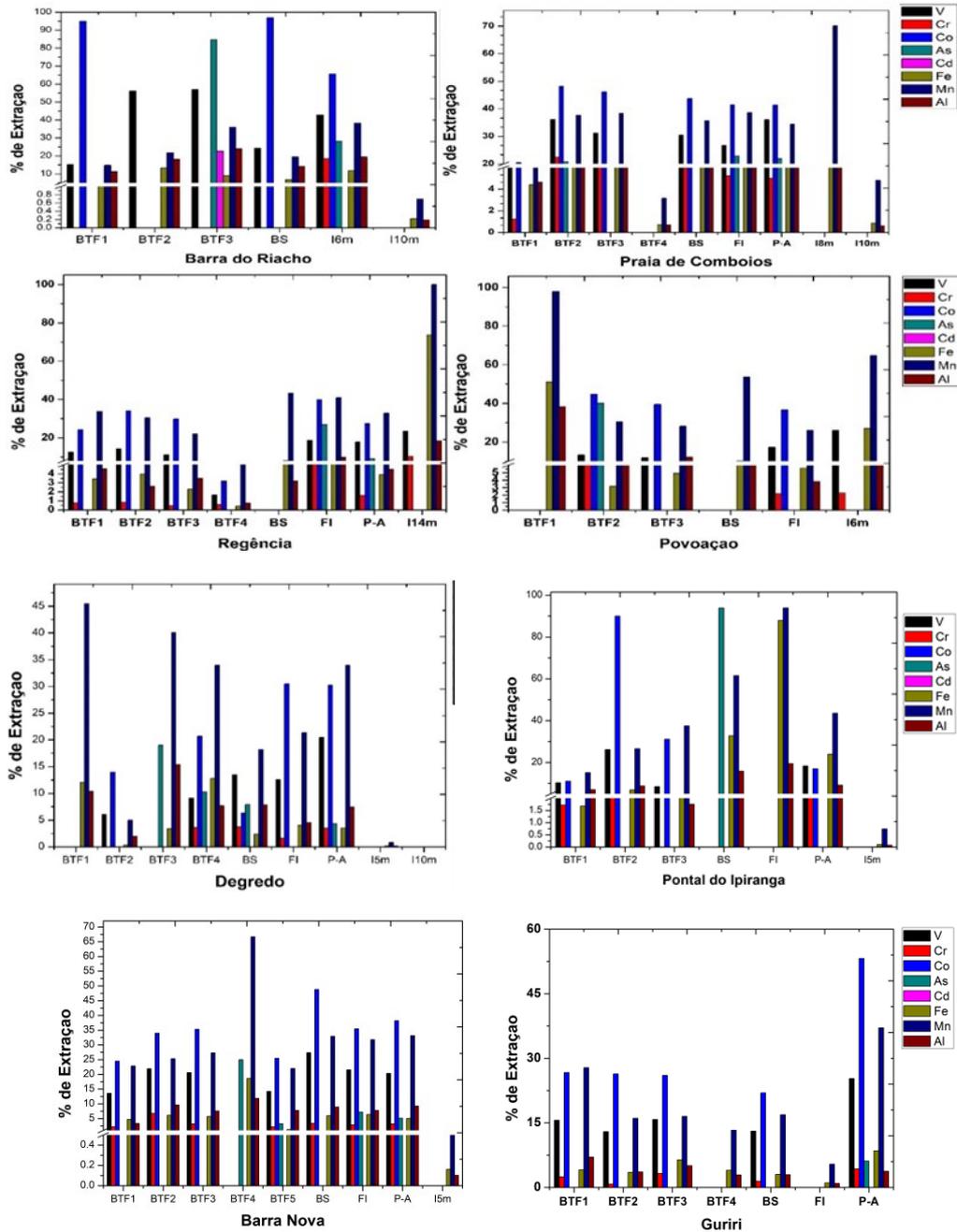
Realizando uma avaliação na Figura 46 e Figura 47, é possível constatar que as amostras que se situam ao norte da foz do rio Doce, incluindo a estação amostral de Regência, se diferenciam significativamente dos outros pontos. Entretanto, as amostras coletadas na isóbata de 5 metros, foram agrupadas junto às amostras do sul da foz do rio Doce. Esse fato pode ser resultado da influência do regime de ondas, uma vez que esses pontos se encontram numa zona turbulenta e, em alguns casos, perto da zona de arrebentação. A alta energia dessas estações amostrais pode ter contribuído de forma significativa para a menor concentração de Fe em relação às amostras coletadas numa maior profundidade.

### 2.2.2 Fração biodisponível

A fração biodisponível dos elementos nas amostras de sedimento foi expressa em porcentagem de extração em relação à fração pseudo total (Figura 48). A extração de Ag, Ba, Cu, Ni, Pb, Sn e Zn não pode ser avaliada, pois a concentração desses elementos na fração biodisponível ficou abaixo do limite de quantificação dos métodos.

Figura 48: Porcentagem de extração dos elementos químicos biodisponíveis em relação à fração pseudo total nas amostras de sedimento das praias Formosa (S2), Putiri (S3), Barra do Riacho (S4), Comboios (S5), Regência (S6), Povoação (N1), Degredo (N2), Pontal do Ipiranga (N3), Barra Nova (N4) e Guriri (N5).





Fonte: autoria própria.

Observa-se que o percentual de extração dos elementos variou nessa ordem  $Co > Mn > As > Fe > Cd > V > Al > Cr$ , quando é considerado o valor médio de extração de todas as estações amostrais. O conhecimento da fração biodisponível torna-se interessante do ponto de vista ambiental por indicar quais elementos possuem maior mobilidade no meio, e consequentemente, maior potencial de serem lixiviados. Essa mobilidade depende de características da ambiente praial, como presença de matéria orgânica, variações de pH e potencial redox (Coringa et al., 2016). Os resultados indicam que Co e Mn são os elementos com maior mobilidade ao longo das estações amostrais, com porcentagens médias de extração de 44% e 39%, respectivamente. O elemento V que apresentou de forma geral baixa disponibilidade ao longo da área de estudo, teve um aumento considerável de biodisponibilidade em

Barra do Riacho (S4) e Comboios (S5). O elemento Fe, que nesse estudo apresentou altas concentrações na fração pseudo total apresentou porcentagens de lixiviação mais elevadas nas estações amostrais próximas ao rio Doce (Regência – S6 e Povoação -N1) em comparação com as estações amostrais situadas ao sul da foz do rio Doce, chegando a aproximadamente 100% nas amostras coletadas nas isobátas de 14 m em Regência (S6). Concentrações elevadas de metais em frações biodisponíveis podem sugerir uma maior contribuição de fontes antrópicas (Coringa et al., 2016).

### 2.3 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na primeira campanha de amostragem de sedimentos de praia em parte da costa do Espírito Santo, nas diferentes estações amostrais previamente definidas possibilitou o início da realização de um monitoramento ambiental pioneiro no país. A análise química das amostras de sedimento coletadas indica que concentrações significativas de elementos como Fe, Al, As e Mn, estão presentes em toda a região estudada. No entanto, foi observada, indubitavelmente, uma elevação dessas concentrações nas estações amostrais que se situam próximas e ao norte à foz do rio Doce. Esse resultado é um indicativo de que o material carregado pelo rio Doce, se direcionou, em relação ao período de coleta realizado, para o norte do Estado do Espírito Santo. Além do aumento de Fe, Mn, As e Al observado ao norte do rio, pode-se destacar a elevada concentração de Fe na estação amostral de Regência (S6), que está inserida em uma unidade de conservação ambiental e tem localizada uma base do projeto Tamar. Um aspecto que deve ser levado em consideração na avaliação ambiental dos impactos ao ecossistema oriundos da alta concentração desses elementos, é a interação destes com outros elementos potencialmente tóxicos. Existe na literatura trabalhos que correlacionam o acúmulo de arsênio no meio ambiente com a alta concentração de ferro, que por mecanismos diversos é capaz de fixar arsênio no sedimento. Dependendo das condições ambientais o arsênio pode ser lixiviado e liberado para o meio ambiente podendo entrar na cadeia trófica, o que seria um risco para os animais e para o ser humano, tendo em vista sua toxicidade.

Dependendo das condições atmosféricas na bacia do rio Doce, como regime pluviométrico entre outras, pode haver um aumento da descarga sedimento na foz do rio Doce o que poderia acarretar diferentes cenários de contaminação crônica, como por exemplo, uma elevação na concentração de ferro, na região do projeto Tamar podendo afetar de alguma maneira o comportamento das tartarugas marinhas em seu período reprodutivo.

Outro aspecto que deve ser levado em consideração é o impacto da alta concentração desses elementos químicos potencialmente tóxicos sobre os organismos marinhos, que a despeito de toda questão ambiental, pode afetar de maneira significativa a principal atividade econômica de praticamente todo norte do Espírito Santo, a pesca.

Considerando os resultados levantados nessa primeira campanha deve-se ressaltar a importância da continuidade do monitoramento ambiental. É recomendado que amostras de água sejam incluídas, caso seja dada continuidade ao monitoramento, bem como a análise de material particulado em suspensão. Além disso, a inclusão da determinação de elementos terras raras poderia auxiliar nas informações de origem geológica dos sedimentos.

Vale ressaltar que não foi possível apresentar os resultados para Hg, previsto inicialmente, pois a instalação do analisador de mercúrio não pôde ser realizada devido a adequação do laboratório não ter sido concluída. Além disso, os resultados relativos à 2ª campanha não puderam ser reportados devido ao atraso na entrega de consumíveis e à reduzida equipe do subprojeto Geoquímica.

Desta forma, vê-se a necessidade de continuidade do monitoramento com a expansão das matrizes e parâmetros citados acima bem como a ampliação da equipe do subprojeto Geoquímica do anexo 4.

## 2.4 REFERÊNCIAS

ASTM D3974-09, 2015. Standard practices for extraction of trace elements from sediments, D3974 -09. United States.

COMBOIOS, Praia Rebio, 2016. Samarco mineração S.A. p. 1–113.

CORINGA, J.D.E.S., PEZZA, L., CORINGA, E.D.A.O., WEBER, O.L.D.S., 2016. Geochemical distribution and bioavailability of trace metals in sediments of the Bento Gomes River, Poconé-MT, Brazil. **Acta Amazonica**, 46(2), 161-174.

MIRLEAN, N., MEDEANIC, S., GARCIA, F. A., TRAVASSOS, M. P. BAISCH, P., 2012. Arsenic enrichment in shelf and coastal sediment of the Brazilian subtropics. **Continental Shelf Research**, v. 35, p. 129-136.

U.S. EPA METHOD 3051A, 2007. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, And Oils, 1–30.

WOLD, S., ESBENSEN, K., GELADI, P., 1987. Principal component analysis. **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, v. 2, n. 1-3, p. 37-52.

### **3 SUBPROJETO: BENTOS**

#### **3.1 OBJETIVO**

Avaliar os impactos provenientes do resíduo de mineração no comportamento da fauna bentônica marinha nas praias arenosas sob possível influência da pluma de sedimento.

#### **3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **3.2.1 Macrofauna**

Na campanha do período seco do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), que ocorreu em setembro/2018, foram identificados 60 táxons da macrofauna e contabilizados 976 indivíduos nas 10 praias da malha amostral adjacentes ao Rio Doce. A descrição detalhada da fauna de cada praia é apresentada no APÊNDICE I.

Entre os táxons de maior abundância, o poliqueta *Saccocirrus* sp. foi o dominante quando considerado todas as praias, contribuindo com 23,9% da macrofauna total. Esse gênero de poliqueta também foi o mais abundante no Mesolitoral Inferior (MI), contribuindo com 50,8% desta faixa.

Os poliquetas são considerados um dos organismos mais abundantes entre as espécies do macrobentos, estando presente em quase todos os ecossistemas bentônicos, podendo representar até 70% do total da abundância e biomassa de invertebrados que habitam o sedimento marinho (GRAY, 1974; AMARAL et al., 2004). Devido à grande diversidade de hábitos alimentares, os poliquetas podem ocupar diversos nichos (GIANGRANDE et al., 2005).

Dominância numérica de poliquetas também é conhecida em diversas praias do litoral do Brasil (BORZONE e SOUZA, 1997; OMENA e AMARAL, 1997, 2003; BARROS, 2001; SOLA e PAIVA, 2001; MARTINS, 2007). O poliqueta intersticial *Saccocirrus* sp. foi a espécie mais abundante. Esses poliquetas são registrados geralmente em ambientes praias desde o entre marés até a zona de surfe, habitando espaços intersticiais de sedimentos médios e grossos. A presença de sedimentos grossos e fragmentos de conchas são indispensáveis para a manutenção da atividade reprodutiva dessas espécies, principalmente em ambientes de alta hidrodinâmica. Há registros de espécies do gênero encontradas em estudos feitos em praias arenosas dos estados de Santa Catarina (SC), Paraná (PR), São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ) (DI DOMENICO, 2012).

Na sequência, indivíduos do filo Nemertea, com 22,1% da macrofauna total, foram dominantes no supralitoral (SL), com 23,3%, e no infralitoral (IL), com 29,4%. Houve elevada contribuição de Nemertea também no mesolitoral inferior (MI), sendo o segundo táxon mais numeroso, representando 33,3% dos indivíduos contabilizados na faixa. O isópoda *Excirrolana braziliensis* contribuiu com 18% da

macrofauna total das praias e dominou o mesolitoral superior (MS), com 46% dos indivíduos da faixa (Quadro 4). O registro fotográfico dos grupos taxonômicos dominantes é encontrado na Figura 49.

Os Nemertea costumam ser dominantes em areias mais finas que 300  $\mu\text{m}$ , e são mais comuns em praias de baixas latitudes (DEFEO e MCLACHLAN, 2005; MCLACHLAN e BROWN, 2006). No PMBA, foram encontrados em todos os tipos de areia.

Os isópodes cirolanídeos podem desenvolver uma zonação intertidal marcada em praias de todos os tipos morfodinâmicos (de praias arenosas refletivas a dissipativas), sendo considerados indicadores da zona de mesolitoral (DAHL, 1952). Os padrões em larga escala ao longo de praias arenosas tropicais, subtropicais e temperadas mostraram que *E. braziliensis* ocorrem preferencialmente em areias finas (GLYNN, DEXTER e BOWMAN, 1975; JARAMILLO, 1982). No entanto, DEFEO et al. (1997) estudando praias uruguaias, observou que esta espécie atinge maiores abundâncias em praias de areia grossa do que em praias de areia fina. Esses autores, através de experimentos de preferência de sedimentos, concluíram que os padrões de distribuição de *E. braziliensis* poderia ser explicada pela competição interespecífica com *Excirrolana armata*. VELOSO e CARDOSO (2001) também sugeriram que a competição interespecífica influencia a distribuição de ambos os isópodos congêneros em praias. No estado do Rio de Janeiro, *E. braziliensis* é uma das espécies mais abundantes na macrofauna de praias arenosas (VELOSO, CARDOSO e FONSECA, 1997; VELOSO e CARDOSO, 2001).

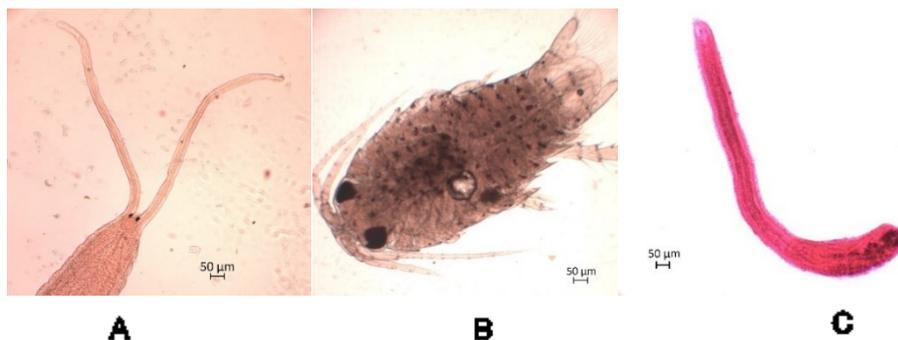
Quadro 4: Abundância relativa (%) dos gêneros mais abundantes da Macrofauna em todas as praias e por faixa. SL – Supralitoral; MS – Mesolitoral Superior; MI – Mesolitoral Inferior; IL – Infralitoral.

<b>Total</b>	
<i>Saccocirrus</i> sp.	23,90%
Nemertea	22,10%
<i>Excirrolana braziliensis</i>	18,00%
Turbellaria	0,40%
Platyhelminthes	0,40%
<b>SL</b>	
Nemertea	23,30%
<i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i>	23,30%
Enchytraeidae	15,00%
<i>Saccocirrus</i> sp.	8,30%
c.f. <i>Ainudrilus</i>	6,70%
<b>MS</b>	
<i>Excirrolana braziliensis</i>	46,00%
Naididae	10,60%
<i>Hemipodia simplex</i>	9,40%
<i>Heterodrilus</i> sp.	6,00%
<i>Scolecopsis</i> sp.	3,00%

<b>MI</b>	
<i>Saccocirrus sp.</i>	80,80%
Nemertea	33,30%
<i>Capitella sp.</i>	15,90%
<i>Excirolana braziliensis</i>	10,90%
<i>Hesionura variodentata</i>	74,00%
<b>IL</b>	
Nemertea	29,40%
<i>Saccocirrus sp.</i>	20,90%
<i>Hesionura variodentata</i>	20,90%
<i>Puelche sp.1</i>	20,40%
<i>Capitella sp.</i>	43,00%

Fonte: autoria própria.

Figura 49: Registro fotográfico dos gêneros dominantes da macrofauna. A - *Saccocirrus sp.* (objetiva 10x); B - *Excirolana braziliensis* (objetiva 5x); C - *Nemertea* (objetiva 10x). Fotos NUBEM – AxioCam 305 Zeiss. Escala 50µm.



Fonte: autoria própria.

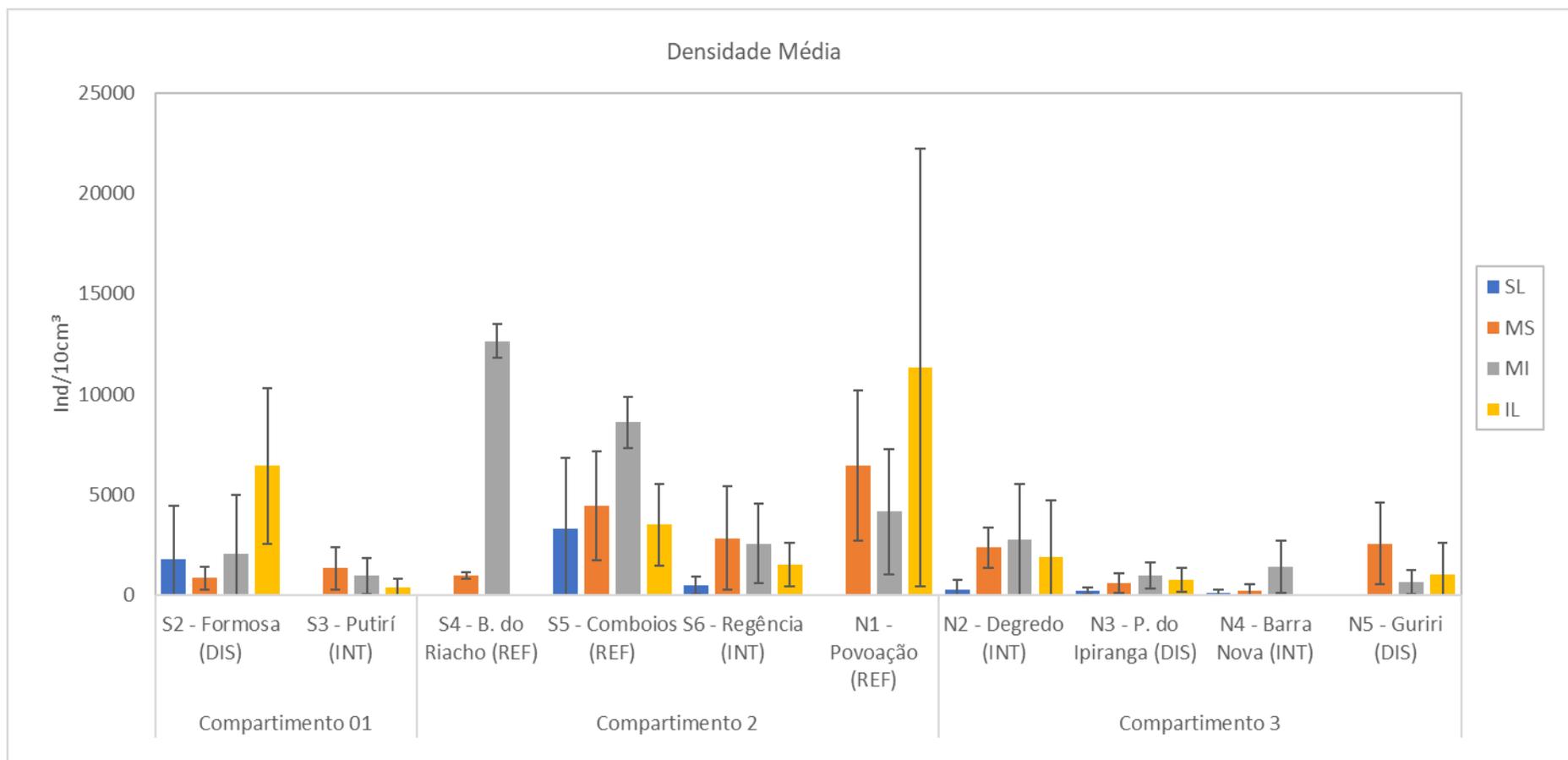
A densidade da macrofauna entre as praias amostradas variou entre 7.302,5 ind./m<sup>3</sup> em Povoação e mínimo de 424,9 ind./m<sup>3</sup> em Barra Nova. A análise de variância indicou que houve diferenças significativas na densidade de indivíduos entre as praias do monitoramento ( $F= 5,258, p<0,001$ ). A praia de Povoação obteve densidade média maior que as demais praias, com exceção de Barra do Riacho e Comboios. É importante salientar que as três praias supracitadas de maior densidade são do tipo refletiva. Verificou-se também diferenças significativas nas densidades de indivíduos entre as faixas das praias, sendo que as faixas inferiores (MI e IL) tiveram maiores quantidades de indivíduos ( $F= 9,190, p< 0,001$ ). De maneira geral, as praias refletivas apresentaram maiores densidades média dos organismos que praias dissipativas e intermediária ( $F=18,786, p<0,001$ ).

Para o descritor ecológico riqueza, o maior valor médio foi atribuído a Povoação, com 5,4 táxons, enquanto que a menor riqueza foi observada em Barra Nova, com 0,6 táxons. Segundo a ANOVA, houve variação significativa das riquezas médias entre as praias, sendo que Povoação e Comboios foram estatisticamente superiores às demais ( $F=3,74; p< 0,05$ ). Considerando a divisão das praias por faixas, o SL registrou riqueza média significativamente inferior as faixas restantes ( $F=3,23, p< 0,05$ ).

Avaliando a riqueza para cada estado morfológico das praias e entre faixas, foram notadas variações significativas. As praias refletivas tiveram maiores números de táxons quando comparadas com praias dissipativas e intermediárias ( $F= 9,30$ ,  $p< 0,001$ ).

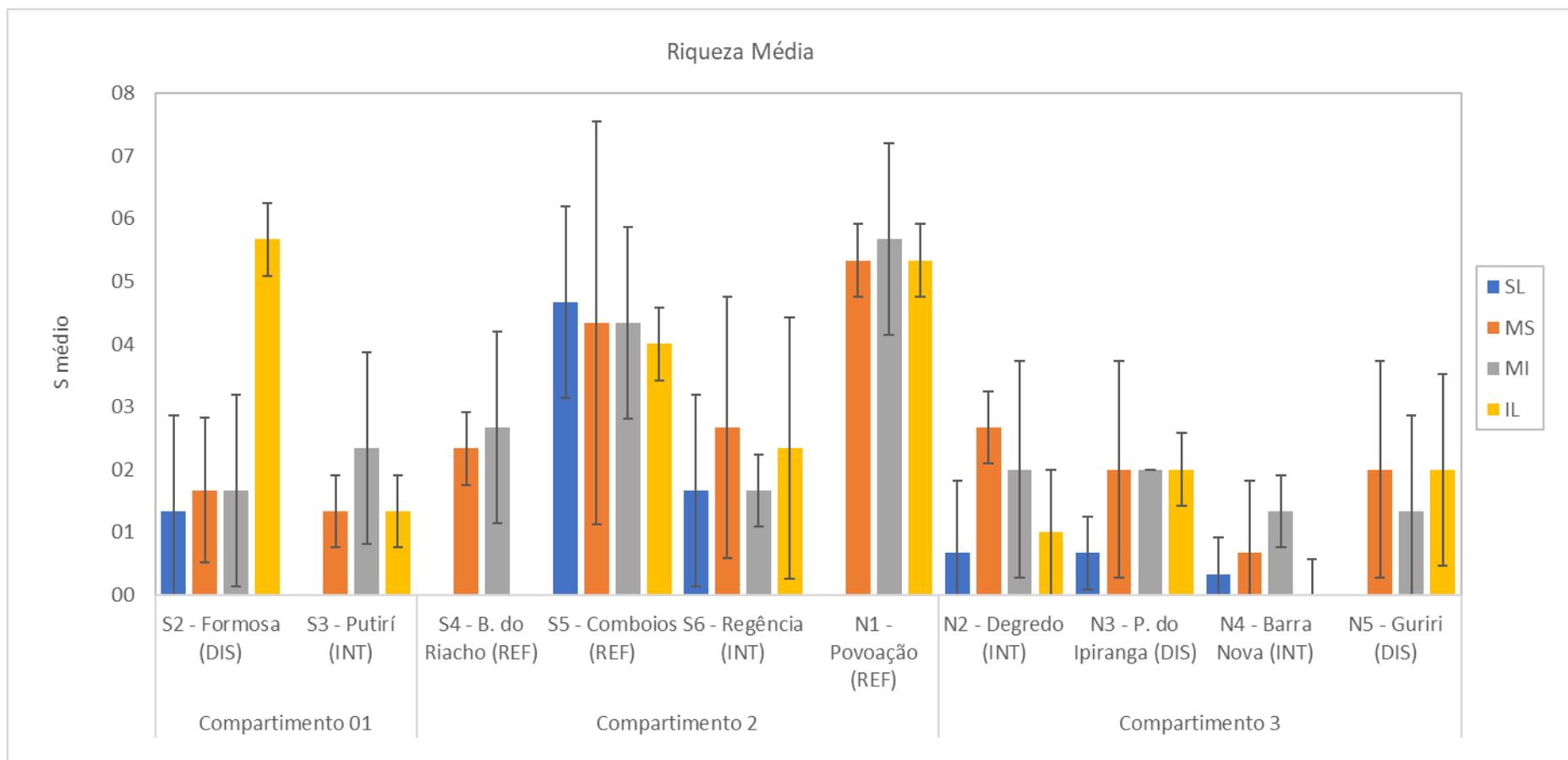
A diversidade de Shannon variou entre 2,1, em Povoação, a 0,1, em Barra Nova. Tais diferenças entre o índice de diversidade foi estatisticamente significativa ( $F=18,879$ ,  $p< 0,001$ ), com Povoação apresentando diversidade maior que as demais praias da malha amostral. As praias refletivas tiveram as diversidades maiores que as praias dissipativas e intermediárias ( $F=16,811$ ,  $p< 0,001$ ). Diversos autores já demonstraram que praias dissipativas apresentam comunidades de maior riqueza, densidade e biomassa do que praias refletivas (e.g. MCLACHLAN, 1990; MCLACHLAN et al., 1993; MCLACHLAN, DE RUYCK e HACKING, 1996), ou seja, padrão contrário do observado nessa primeira campanha. Não houve diferenças significativas entre as diversidades das faixas das praias ( $p>0,05$ ).

Figura 50: Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) da macrofauna entre as praias e as faixas. REF = praia refletiva; INT = praia intermediária; DIS = praia dissipativa. \* = não amostrado.



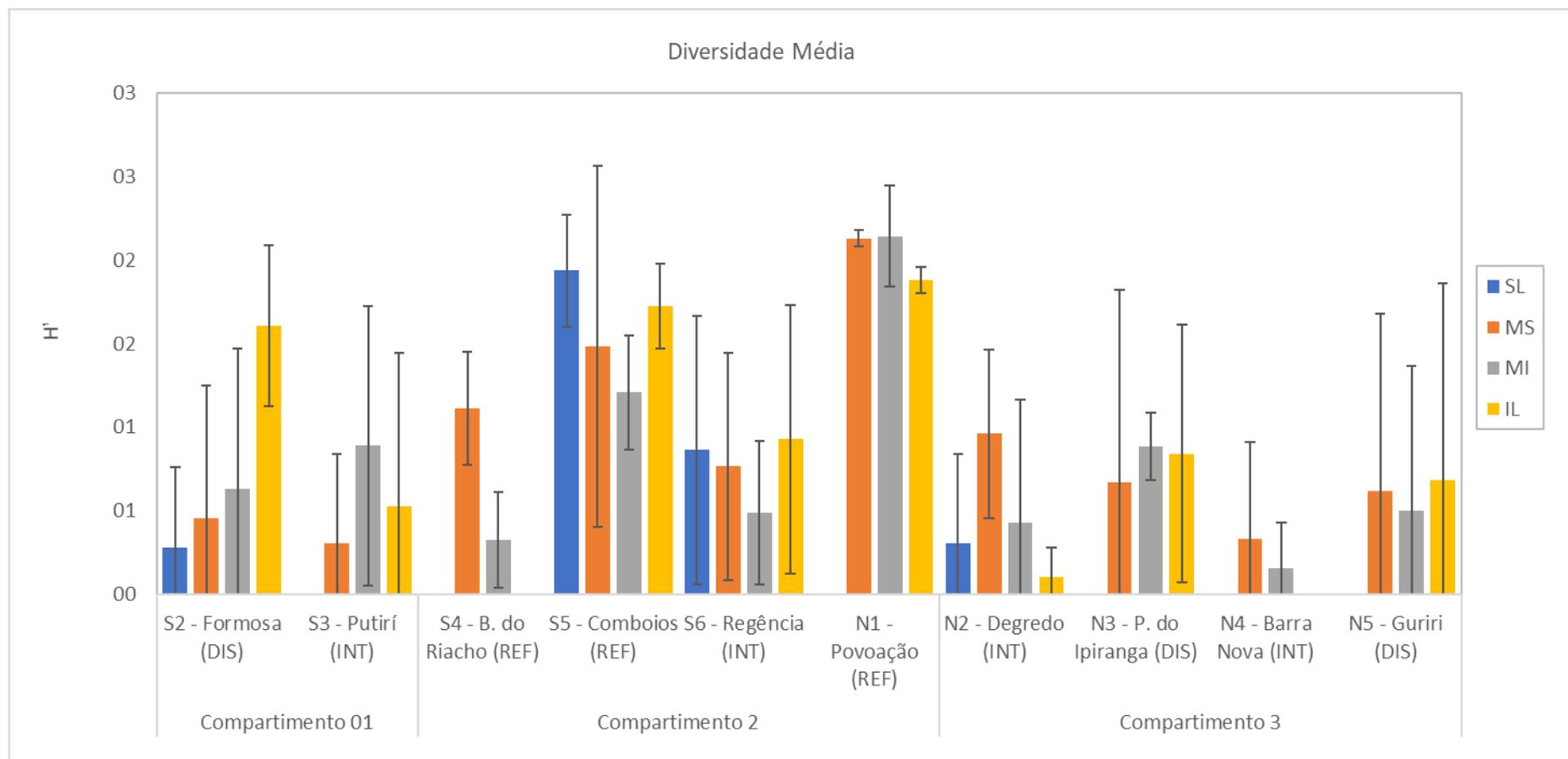
Fonte: autoria própria.

Figura 51: Riqueza média ( $\pm$ desvio padrão) da macrofauna entre as praias e as faixas. REF = praia refletiva; INT = praia intermediária; DIS = praia dissipativa. \* = não amostrado.



Fonte: autoria própria.

Figura 52: Diversidade média ( $\pm$  desvio padrão) da macrofauna entre as praias e as faixas. REF = praia refletiva; INT = praia intermediária; DIS = praia dissipativa. \* não amostrado.



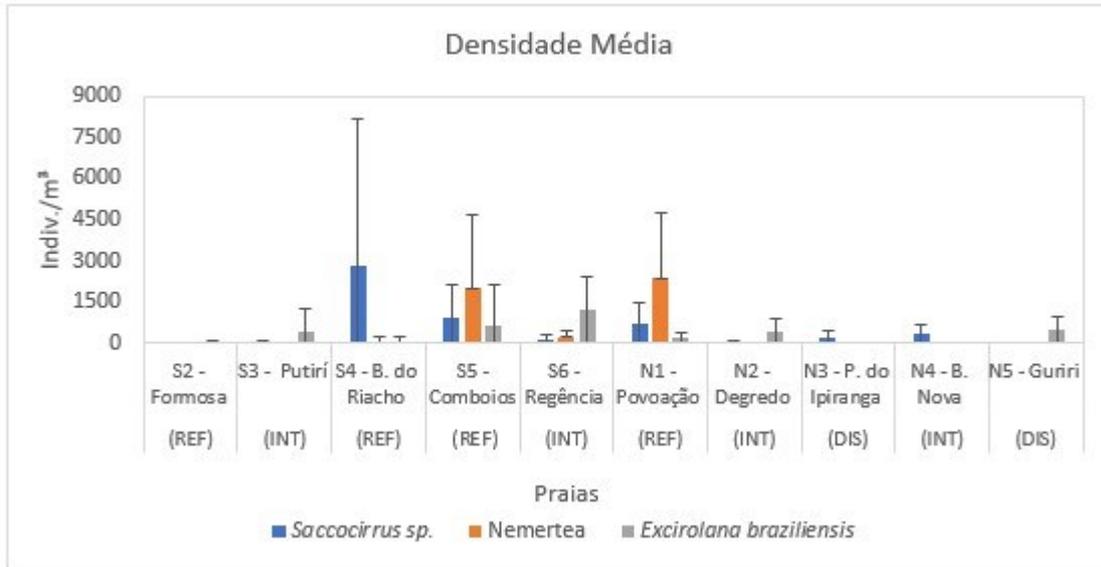
Fonte: autoria própria.

A densidade média dos gêneros mais abundantes na campanha está descrita na Figura 53. A densidade dos poliquetas *Saccocirrus* sp., mais abundante considerando toda a malha amostral, variou entre 2.801,3 ind/cm<sup>3</sup> em Barra do Riacho a nenhum encontrado na Praia Formosa. A análise de variância ANOVA apontou diferenças significativas na quantidade de *Saccocirrus* sp. entre as praias (F=2,575, p= 0,01), uma vez que Barra do Riacho apresentou valores médios significativamente maiores que as demais praias. Foram notadas diferenças significativas na densidade de *Saccocirrus* sp. entre os tipos de praia (p=0,001), com praias refletivas obtendo densidades superiores aos demais estados morfodinâmicos. Em relação a distribuição espacial de *Saccocirrus* sp. nas praias, a faixa MI obteve as maiores densidades que as faixas SL e MS (F= 3,161; p<0,05), indicando preferência desses organismos por essa faixa.

A densidade de *Nemertea*, segundo dominante no estudo, foi maior em Povoação (2.392,1 ind/m<sup>3</sup>), seguida por Comboios (2.006,6 ind/m<sup>3</sup>), ambas praias refletivas. Este filo não foi registrado nas praias Putiri, Degredo e Barra Nova. As praias de Povoação e Comboios obtiveram densidades de *Nemertea* significativamente maiores que as outras praias da malha amostral (F= 4,287; p<0,001). Praias de estado morfológico refletivo obtiveram densidades mais elevadas que as dissipativas e intermediárias (F=11,336; p<0,001), o que não era esperado, visto que nemertinos costumam ser dominantes em areias mais finas (Defeo e Mclachlan, 2005; Mclachlan e Brown, 2006). Esse organismo não apresentou preferência espacial por nenhum tipo de faixa (p>0,05).

Já para o isópoda *Excirrolana braziliensis*, a maior densidade foi observada em Regência (1.203,9 ind/m<sup>3</sup>), sendo que não houve a ocorrência desse táxon em Barra Nova. Segundo os resultados da ANOVA, Regência teve densidade de *E. braziliensis* significativamente maior que Formosa, Barra do Riacho, Povoação, Pontal do Ipiranga e Barra Nova (F=14,58, p< 0,01). Em relação a distribuição espacial por faixa das praias, *E. braziliensis* apresentou maiores densidades no mesolitoral superior quando comparado a outras faixas das praias (F=7,435; p<0,001). Em contrapartida, não houve diferenças na distribuição das densidades entres os tipos morfológicos de praias (p>0,05), visto que ocorreram de forma uniforme em todos os tipos.

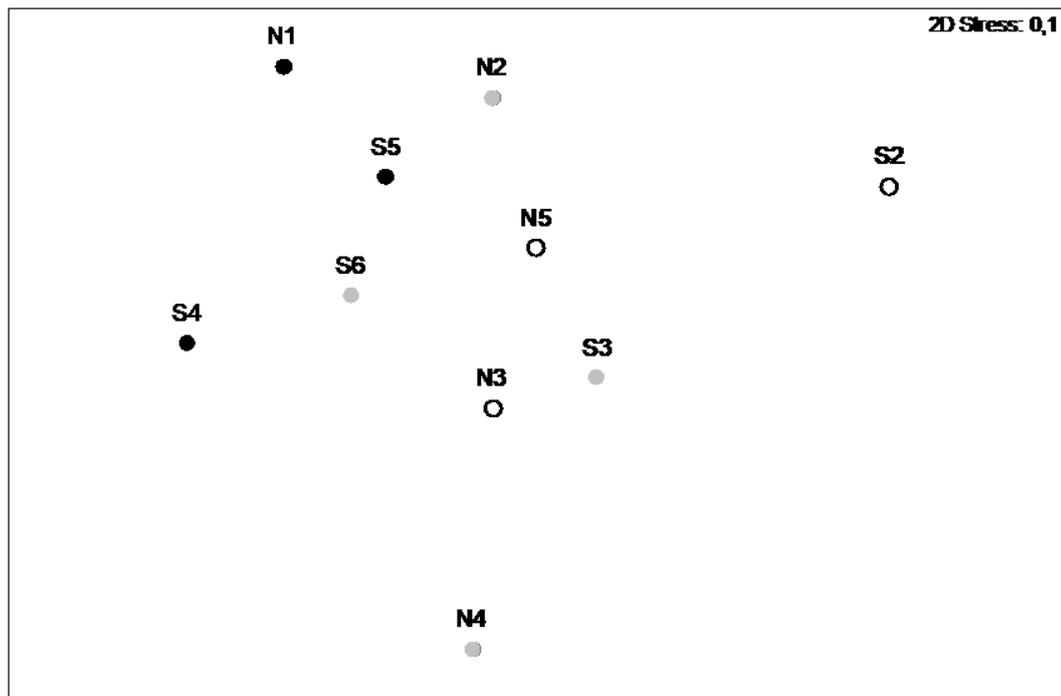
Figura 53: Densidade média ( $\pm$ desvio padrão) dos táxons mais abundantes da Macrofauna. REF = praia refletiva; INT = praia intermediária; DIS = praia dissipativa.



Fonte: autoria própria.

A análise de escala multidimensional não métrica (nMDS) demonstrou tendência de agrupamentos entre as praias de tipos morfológicos similares (Figura 54). A análise de similaridade ANOSIM apresentou valor de significância estatística marginalmente significativo ( $R= 0,227$ ,  $p=0,051$ ), confirmando que a composição e densidade dos organismos dos distintos tipos de praia tendem a se agrupar.

Figura 54: Gráfico de (nMDS) da macrofauna bentônica. ● = praia refletiva; ○ = praia dissipativas; ● = praia intermediária.



Fonte: autoria própria.

### 3.2.2 Meiofauna

As comunidades de meiofauna são pouco estudadas no litoral brasileiro como um todo (AMARAL et. al., 2010), no entanto, sabe-se que, frequentemente, esse componente bentônico tem característica de alta diversidade taxonômica em comparação com a macrofauna. A meiofauna desempenha um papel importante no fluxo de energia dos sistemas bentônicos, servindo de alimento para a própria meiofauna, para macrofauna e peixes (COULL, 1999). Além disso, atua na remineralização de detritos orgânicos tornando-os disponíveis para o mesmo nível trófico e para níveis tróficos superiores (TENORE et. al., 1977).

Na campanha do período seco (setembro/2018) do PMBA, a comunidade da meiofauna amostrada nas 10 praias foi representada por 4.606 indivíduos, distribuídos em 18 grupos taxonômicos. O detalhamento de cada praia está no APÊNDICE I.

Em relação a abundância relativa dos grupos taxonômicos, o filo Nematoda dominou a meiofauna, contribuindo com 60% dos organismos contabilizados na campanha. Este filo também dominou todas as faixas das praias. Em seguida, Copepoda foi o segundo grupo de maior contribuição, correspondendo a 16,7% da meiofauna de todas as praias. Os Oligochaetas apareceram na sequência, com 7,1% do total e destacou-se no SL, com 21,4% dos organismos dessa faixa, com abundância relativa menor somente que de Nematoda (Quadro 5). O registro fotográfico dos grupos taxonômicos dominantes é encontrado na Figura 55.

A maior frequência de Nematoda pode ser atribuída a sua grande diversidade e tolerância às mais diversas condições ambientais, como teor de umidade, matéria orgânica e granulometria, dentre outros. Essa alta abundância dos Nematoda na comunidade de meiofauna marinha é registrada em diversos trabalhos, independente do ecossistema, seja estuarino, litorâneo ou oceânico (HEIP et al., 1985; SAJAN et al., 2010). Este filo da meiofauna exerce importantes funções nos ecossistemas aquáticos, podendo ser citado seu papel como fonte de alimento para diversas espécies, estímulo ao metabolismo bacteriano e facilitador da remineralização da matéria orgânica, aumentando a regeneração dos nutrientes nos sedimentos (GIERE, 1993).

Em termos de abundância de meiofauna, os Copepoda foram o segundo grupo mais abundante no sedimento, atrás apenas dos Nematoda. Os Copepoda ocorrem na maioria dos habitats aquáticos. No sedimento eles são restritos às regiões oxigenadas, e tendem a ser encontrados na ou justamente abaixo da superfície, mas estendem-se profundamente nas areias e cascalhos (HIGGINS & THIEL, 1988). Os Nematoda são geralmente o táxon dominante na meiofauna marinha (MCINTYRE 1969), embora a proporção de Copepoda aumente em areias grossas nas praias expostas (RAO, 1970; GRAY & RIEGER, 1971; MCLACHLAN, 1977b).

Os Oligochaeta da meiofauna, aqui aparecendo em terceiro lugar em abundância, ocorrem em uma grande variedade de habitats aquáticos. Qualquer tipo de sedimento marinho contém pelo menos uma espécie de oligoqueta, embora nem sempre em densidades muito altas (HIGGINS & THIEL, 1988). Os

Oligochaeta nunca atingiram altos números, mas são, no entanto, importantes devido ao seu tamanho relativamente grande (GIERE, 1975). Ao contrário de outros animais meiofaunais que são especialmente adaptados ao habitat intersticial, os oligoquetas não tem adaptações morfológicas reais para a vida intersticial que não seja tamanho (LASSIRRI, 1971).

Quadro 5: Abundância relativa (%) dos grupos taxonômicos da Meiofauna nas dez praias do monitoramento. (\*NID – não identificado). SL – Supralitoral; MS – Mesolitoral Superior; MI – Mesolitoral Inferior; IL – Infralitoral.

Grupo taxonômico	Abundância relativa (%)				
	Total	SL	MS	ML	IL
Nematoda	60,0	62,5	36,1	72,1	78,4
Copepoda	16,7	2,9	33,0	9,4	7,9
Oligochaeta	7,1	21,4	11,0	2,0	2,1
Acari	0,8	3,6	0,8	0,0	0,7
Platyhelminthes	3,0	0,7	1,8	4,1	4,1
Nemertea	4,8	1,7	4,9	6,8	3,2
Polychaeta	3,8	3,3	6,4	2,5	2,2
Ostracoda	2,6	0,0	5,4	1,9	0,5
Insecta	0,2	1,4	0,0	0,1	0,0
Amphipoda	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4
Mollusca	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Nauplius	0,3	0,5	0,4	0,2	0,0
Gastrotricha	0,3	0,0	0,2	0,9	0,0
Hydrozoa	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
Isopoda	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Cumacea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Tanaidacea	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
Crustacea NID*	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Indiv. NID*	0,2	1,4	0,0	0,1	0,1

Fonte: autoria própria.

Figura 55: Registro fotográfico dos grupos taxonômicos dominantes da meiofauna. A – Nematoda (objetiva 100x); B – Copepoda (objetiva 20x); C – Oligochaeta (objetiva 10x). Fotos NUBEM – AxioCam 305 Zeiss. Escala 50µm.



Fonte: autoria própria.

Os dados analisados da meiofauna indicaram que a Praia Formosa apresentou a maior densidade média entre as praias amostradas, com 30,7 ind/10cm<sup>3</sup>, enquanto que Regência e Barra Nova tiveram a menor densidade, ambas com 2,2 ind/10cm<sup>3</sup> (Figura 56). A análise de variância indicou que houve diferença significativa da densidade entre as praias ( $F=2,466$ ,  $p<0,01$ ), sendo que a densidade da Praia Formosa e de Guriri foram significativamente maiores que as de Putiri, Barra do Riacho, Comboios, Regência, Degredo e Barra Nova. De maneira geral, as praias dissipativas obtiveram densidade média superiores que as praias refletivas e intermediárias ( $F=8,376$ ,  $p<0,001$ ). Contudo, não foi verificada diferenças quando analisado cada faixa entre as praias ( $p<0,05$ ).

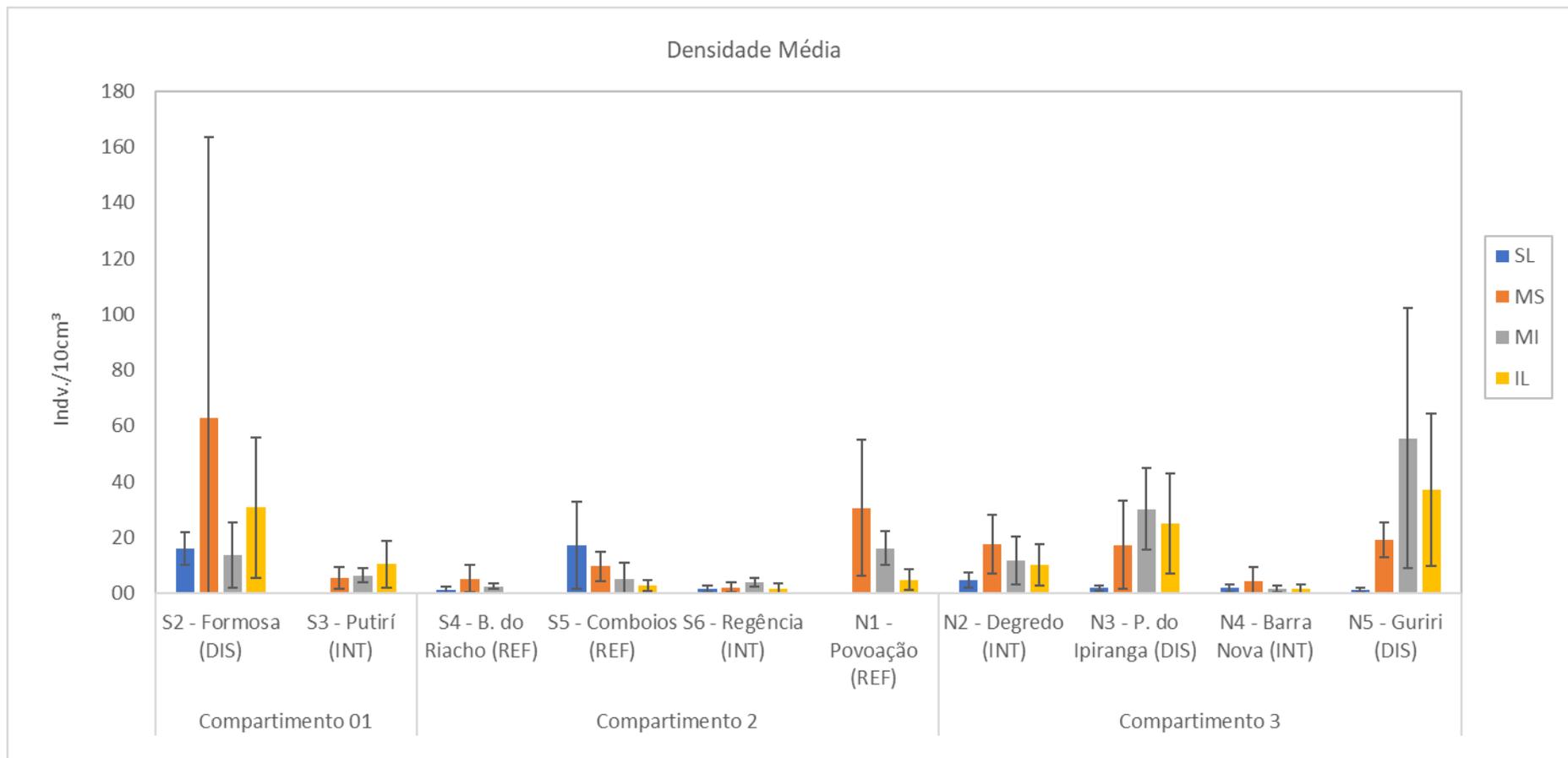
A praia de Povoação apresentou o maior valor médio de riqueza da campanha (4,4 táxons) enquanto o menor valor médio foi registrado em Barra Nova (1,9 táxons) (Figura 57). De acordo com a ANOVA, houve variação significativa entre as riquezas médias das praias, com Povoação, Degredo, Formosa e Putiri com valores significativamente maiores que Barra do Riacho, Comboios, Regência, Pontal do Ipiranga, Barra Nova e Guriri ( $F= 3,156$ ;  $p= 0,002$ ). Não foi observado variação significativa da meiofauna entre as zonações da praia ( $F= 3,156$ ;  $p>0,05$ ).

Considerando o estado morfológico das praias, não foram observadas variações significativas na riqueza média entre as praias dissipativas ( $p<0,05$ ). Entretanto, a riqueza variou entre as praias de estado refletivo ( $F=6,56$ ;  $p=0,005$ ), uma vez que em Barra do Riacho houve o registro dos menores valores de riqueza para esse tipo de praia.

De maneira geral, a diversidade de Shannon foi baixa, variando de  $H'= 1,7$  em Povoação, a  $H'= 0,6$ , nas praias de Barra do Riacho, Pontal do Ipiranga e Barra Nova (Figura 58). Tais diferenças entre o índice de diversidade foram consideradas estatisticamente significativas entre as praias ( $F=7,134$ ,  $p<0,01$ ), com Povoação apresentando diversidade de meiofauna superiores a Formosa, Barra do Riacho, Degredo, Barra do Riacho e Guriri. Entre as faixas da praia, não foram verificadas variações significativas da diversidade. Quando comparado a variação da diversidade entre os estados morfológicos, as praias refletivas tiveram valores superiores aos encontrados nas praias dissipativas ( $F=4,37$ ,  $p<0,01$ ).

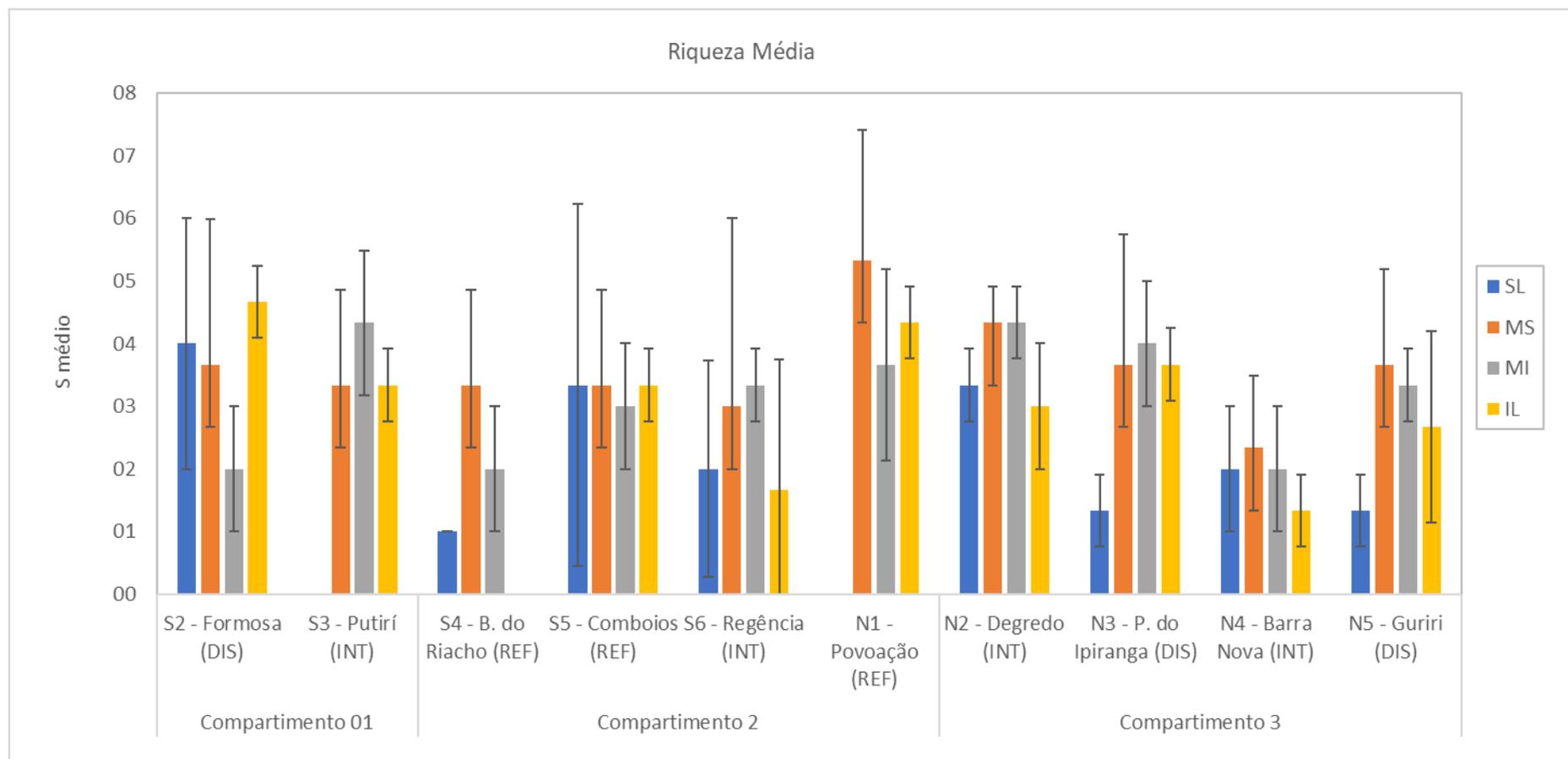
Embora aparentemente ofereçam melhores condições de sobrevivência à meiofauna, como interstícios mais amplos, saturação elevada, temperaturas mais amenas e teor de oxigênio mais elevado, praias refletivas podem se assemelhar a praias dissipativas de areia média a fina quanto ao número de táxons. No entanto, a diversidade de táxons em praias dissipativas com areia muito fina tende a ser menor (AMARAL & NALLIN, 2011).

Figura 56: Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) da meiofauna entre as praias e faixas. \* = não amostrado. DIS = dissipativo, INT = intermediário, REF = refletivo.



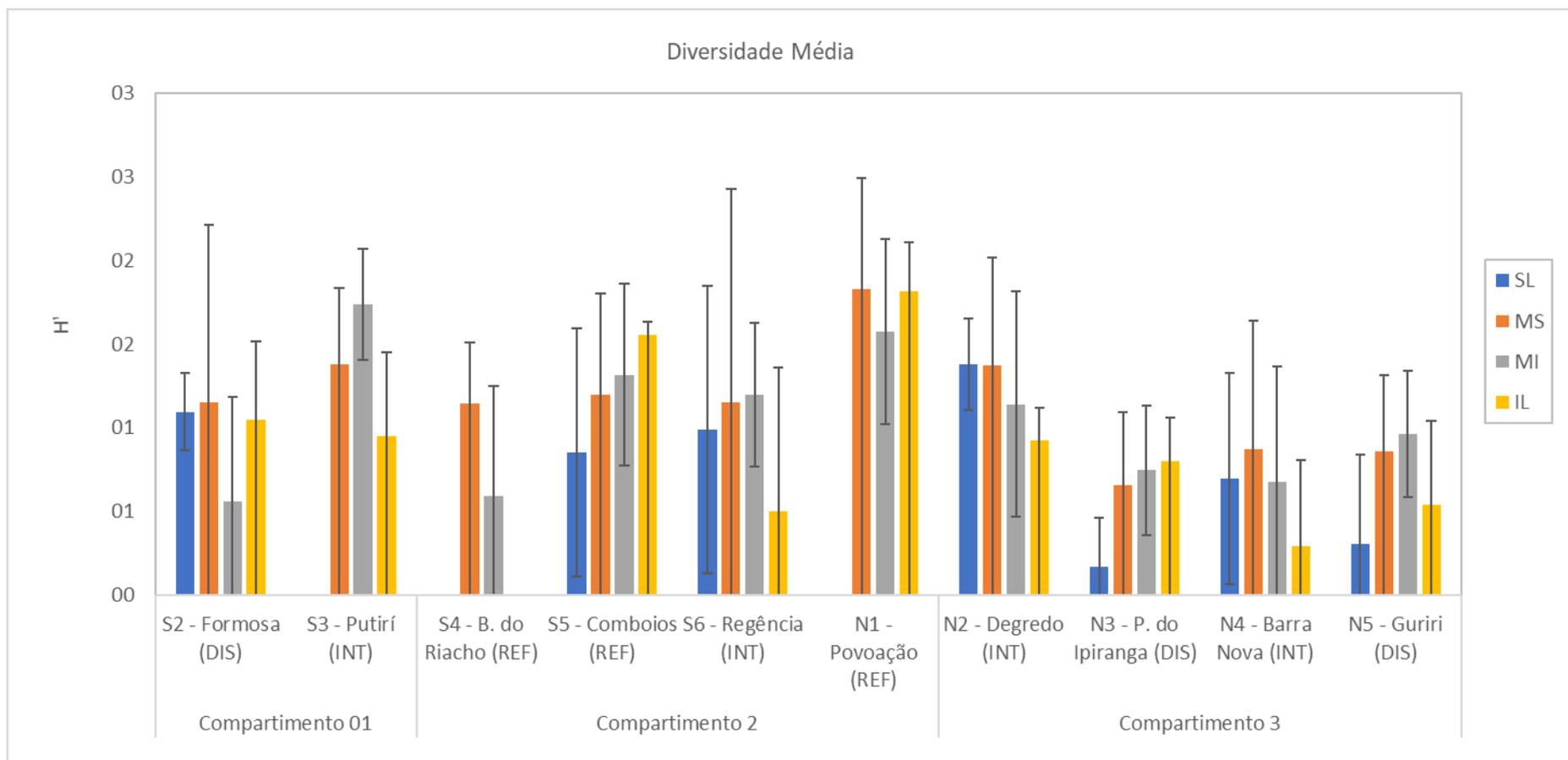
Fonte: autoria própria.

Figura 57: Riqueza média ( $\pm$  desvio padrão) da meiofauna entre as praias e faixas. \* = não amostrado. DIS = dissipativo, INT = intermediário, REF = refletivo.



Fonte: autoria própria.

Figura 58: Diversidade média ( $\pm$  desvio padrão) da meiofauna entre as praias e faixas. \* = não amostrado. DIS = dissipativo, INT = intermediário, REF = refletivo.

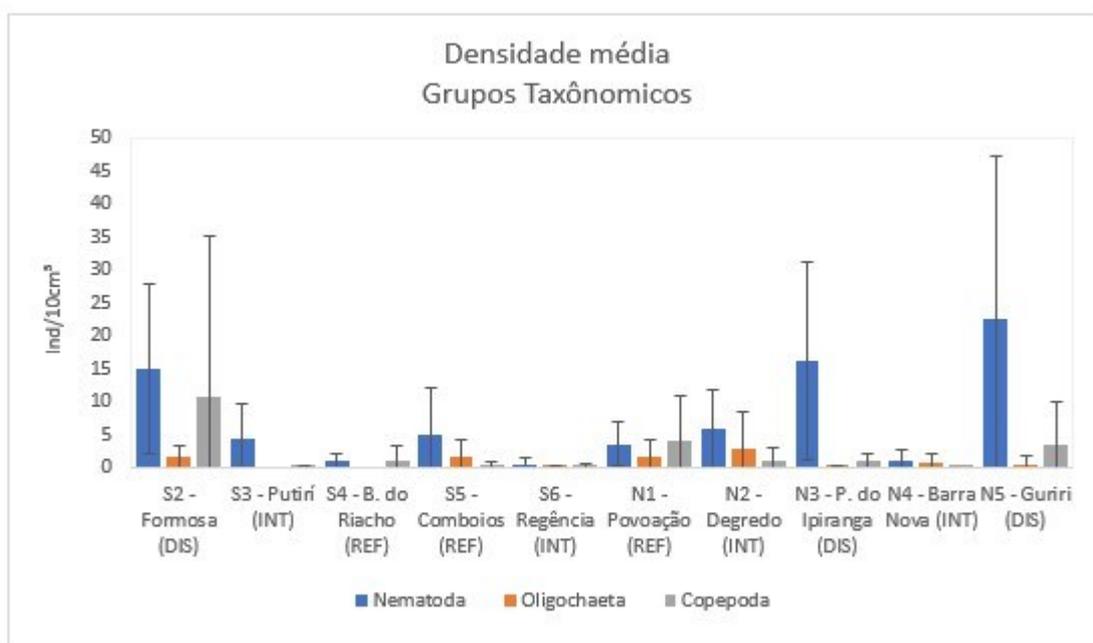


Fonte: autoria própria.

A densidade média dos organismos mais abundantes na campanha está descrita na Figura 59. Os organismos do filo Nematoda, mais numerosos no estudo, variaram entre 22,5 ind/10cm<sup>3</sup> em Guriri a 0,53 ind/10cm<sup>3</sup> em Regência. A análise de variância apontou diferenças significativas entre as praias, uma vez que Guriri, Formosa e Pontal do Ipiranga tiveram densidade médias de Nematoda superior as demais praias ( $F=5,169$ ,  $p<0,001$ ), todas essas praias dissipativas. A ANOVA confirma que os organismos desse filo tiveram preferência por praias dissipativas, quando comparadas com praias intermediárias e refletivas ( $F= 20,809$ ,  $p<0,001$ ). Não foram verificadas diferenças entre o número de indivíduos entre as faixas das praias.

A densidade de Copepoda em Praia Formosa foi a maior entre as praias, com 10,58 ind/10cm<sup>3</sup>, enquanto que Barra Nova, com 0,02 ind/10cm<sup>3</sup> obteve a menor densidade desse grupo. Já para os Oligochaeta, a maior densidade foi observada em Degredo (2,86 ind/10cm<sup>3</sup>), sendo que não houve a ocorrência desse grupo nas praias Putiri e Barra do Riacho. Para ambos os grupos taxonômicos não houve diferenças significativas entre as densidades entre as praias, faixas e tipos de praias ( $>0,05$ ).

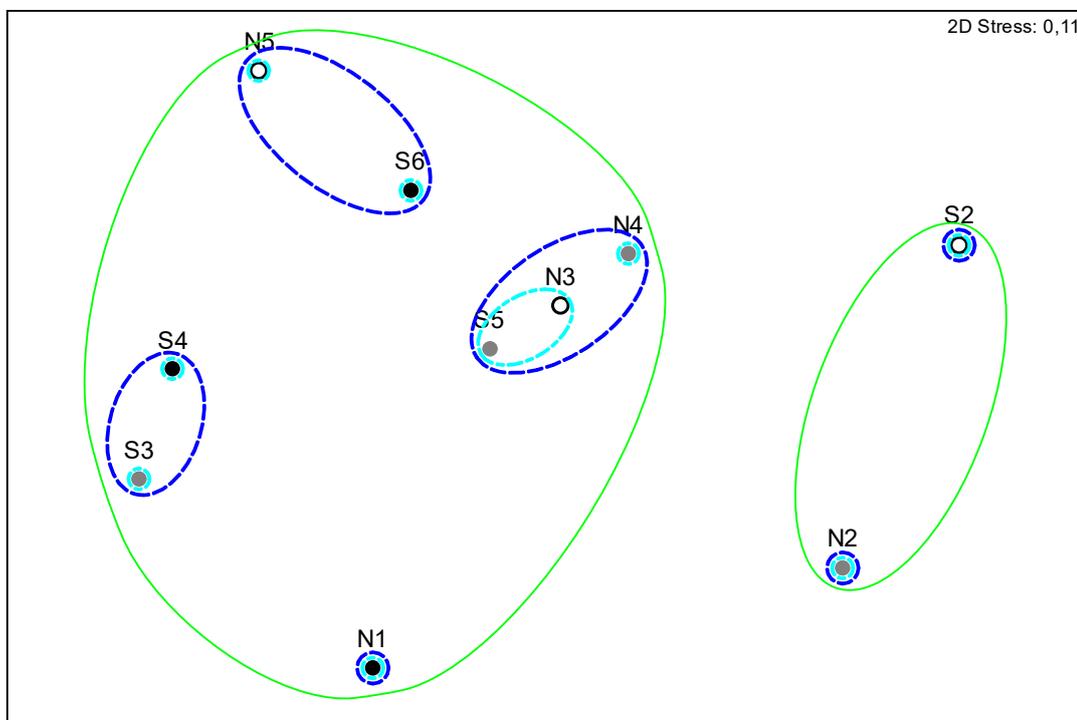
Figura 59: Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) dos grupos taxonômicos mais abundantes na meiofauna. DIS = dissipativo, INT = intermediário, REF = refletivo



Fonte: autoria própria.

A análise de escala multidimensional não métrica (nMDS) não demonstrou padrão nos agrupamentos da estrutura da comunidade meiofaunal (Figura 60). A análise de similaridade ANOSIM, indicou que há diferença significativa ( $R= 0,509$ ,  $p<0,05$ ) na composição e densidades dos organismos entre as praias. De maneira geral, Praia Formosa (S2) e Degredo (N2) foram as praias mais dissimilares das restantes, enquanto que Comboios (S5) e Pontal do Ipiranga (N3) foram as mais similares.

Figura 60: Gráfico de (nMDS) da meiofauna bentônica. ● = praia refletiva; □ = praia dissipativas; ○ = praia intermediária. Contorno em verde = 60% de similaridade; Contorno azul escuro = 70% de similaridade; Contorno azul claro = 80% de similaridade.



Fonte: autoria própria.

Comunidades da meiofauna de praias arenosas são diferentes em composição taxonômica e têm padrões tridimensionais complexos. Algumas comunidades podem viver no supralitoral, como oligoquetos e Nematoda de tamanhos maiores, onde toleram a falta de água. Em outros lugares, onde há filmes de água entre os grãos, estas camadas são ocupadas por diversos grupos, entre os quais os pequenos Nematoda. Usando a zonação de praia definida por SALVAT (1964), GHESKIERE et al. (2002) fizeram algumas constatações: nas zonas de retenção, onde a umidade capilar é retida, uma fauna mais rica é desenvolvida, Nematoda e copépodos são geralmente os dominantes. Turbellaria e copepoda precisam de filmes de água no sedimento para locomover. Nas faixas inferiores da praia ou mais profunda no sedimento, onde a areia é saturada, mas alguma circulação de água intersticial ainda ocorre, a meiofauna é menos abundante, embora vermes nematóides sejam mais importantes. Isto inclui as camadas superficiais para fora na zona de rebentação. Nas praias de grãos finos, os nematóides são geralmente dominantes, assim como foi observado nessa campanha.

A diversidade e abundância da meiofauna são maiores onde ocorre um equilíbrio entre a entrada de matéria orgânica e a oxigenação. Em praias dissipativas ou protegidas a fauna é empobrecida devido ao excesso de matéria orgânica, gradientes químicos íngremes e extensão vertical comprimida da zona oxigenada. Por outro lado, nas praias muito refletivas, com dinâmica de circulação de água intersticial, tendem a ter menos formas de grande porte. Por conseguinte, espera-se que a diversidade de meiofauna geralmente deva ser maior em praias intermediárias de areias médias (250 a 500 mm)

(GHESKIERE et al., 2005). Na campanha de setembro/18 foi encontrada maior diversidade em praias refletivas. Estudos sugerem que a resposta da meiofauna é oposta à da macrofauna (RODRIGUEZ et al., 2003).

Assim como a macrofauna, a meiofauna bentônica apresenta reduzida mobilidade ou imobilidade em alguns grupos, não sendo capaz de deixar o local que habitam quando as condições ambientais são alteradas e com ciclo de vida curto. Entretanto, em praias refletivas, onde a macrofauna é praticamente ausente, a meiofauna está presente (GIERE, 2009). No entanto, isso não ocorreu nessa 1ª campanha de monitoramento. As praias refletivas apresentaram as maiores densidades de macrofauna e as menores de meiofauna.

Embora, aparentemente, as praias refletivas ofereçam melhores condições de sobrevivência à meiofauna, como interstícios mais amplos, saturação elevada, temperaturas mais amenas e teor de oxigênio mais elevado, essas praias podem se assemelhar a praias dissipativas de areia média a fina quanto ao número de táxons. Enquanto que a diversidade de táxons em praias dissipativas com areia muito fina tende a ser menor (AMARAL et al., 2011). O resultado de riqueza e diversidade que encontramos para a meiofauna está, portanto, de acordo com a literatura.

Apesar da diversidade e riqueza estarem de acordo com outros estudos de praias arenosas, a densidade esteve expressivamente abaixo do esperado. Com relação às praias, as densidades encontradas aqui também foram consideravelmente menores do que em outros locais como é o caso dos valores encontrados em estudos de praias do Chile, que registrou densidades médias 20 vezes mais altas que as encontradas no litoral do Espírito Santo. No litoral Norte do Brasil, em estudo em praia dissipativa ROSA-FILHO et al. (2011) registrou densidade média 10 vezes mais alta que as praias do presente estudo. Enquanto que uma praia de areias finas a médias da Ilha de Anchieta, litoral Norte do Estado de São Paulo, MEDEIROS (1989) encontrou valores 10 a 15 vezes mais altos.

### **3.2.3 Nematofauna**

Durante a campanha do período seco (setembro/2018), a Nematofauna coletada nas 10 praias da malha amostral do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, foi composta por 2.726 indivíduos, com representantes de 75 gêneros. O detalhamento de cada praia está no APÊNDICE I

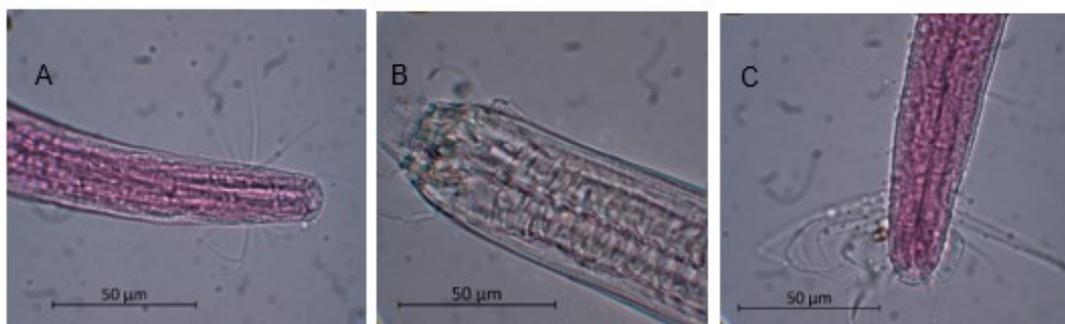
Em relação a abundância relativa dos grupos taxonômicos, o gênero *Daptonema* foi o dominante na Nematofauna, equivalendo a 29,7% dos organismos contabilizados na campanha. Este gênero também dominou o MI e o IL, correspondendo a 53,3% e 26% de cada faixa, respectivamente. No supralitoral, a nematofauna foi representada por *Paracanthochus* (61,9%), enquanto que *Metachromadora*, foi o mais abundante no MS (13,7%) (Quadro 6). O registro fotográfico dos grupos taxonômicos dominantes é encontrado na Figura 61.

Quadro 6: Abundância relativa (%) dos gêneros mais abundantes da Nematofauna em todas as praias e por faixa.

Abundância Relativa (%)									
Total		Supralitoral		Mesolitoral Superior		Mesolitoral Inferior		Infralitoral	
<i>Daptonema</i>	29,70%	<i>Paracanthochus</i>	61,90%	<i>Metachromadora</i>	13,70%	<i>Daptonema</i>	53,30%	<i>Daptonema</i>	26,00%
<i>Enoplolaimus</i>	7,60%	<i>Theristus</i>	21,90%	<i>Enoplolaimus</i>	12,40%	<i>Enoplolaimus</i>	7,30%	<i>Omicronema</i>	11,30%
<i>Pseudosteineria</i>	6,70%			<i>Axonolaimus</i>	12,00%	<i>Pseudosteineria</i>	7,00%	<i>Pseudosteineria</i>	9,30%

Fonte: autoria própria.

Figura 61: Registro fotográfico dos gêneros dominantes da nematofauna. A – *Daptonema*; B – *Enoplolaimus*; C – *Pseudosteineria* (objetivas 100x). Fotos NUBEM – AxioCam 305 Zeiss. Escala 50µm.



Fonte: autoria própria.

As análises com os dados da Nematofauna indicaram que em Guriri ocorreu a maior densidade média entre as praias amostradas, com 22,5 ind/10cm<sup>3</sup>, enquanto que Regência obteve a menor densidade, com 0,5 ind/10cm<sup>3</sup> (Figura 62). A análise de variância apontou diferenças significativas nas densidades médias entre as praias da malha amostral ( $F= 5,167$ ,  $p<0,001$ ), uma vez que as praias Formosa, Pontal do Ipiranga e Guriri tiveram densidade maiores que as restantes. Cabe ressaltar que as praias de maiores densidades são todas dissipativas. De maneira geral, as praias dissipativas apresentaram densidades significativas maiores que as observadas nas praias e intermediárias ( $F=20,686$ ;  $p<0,001$ ). Contudo, não foi verificada diferenças quando analisado cada faixa entre as praias ( $p<0,05$ ).

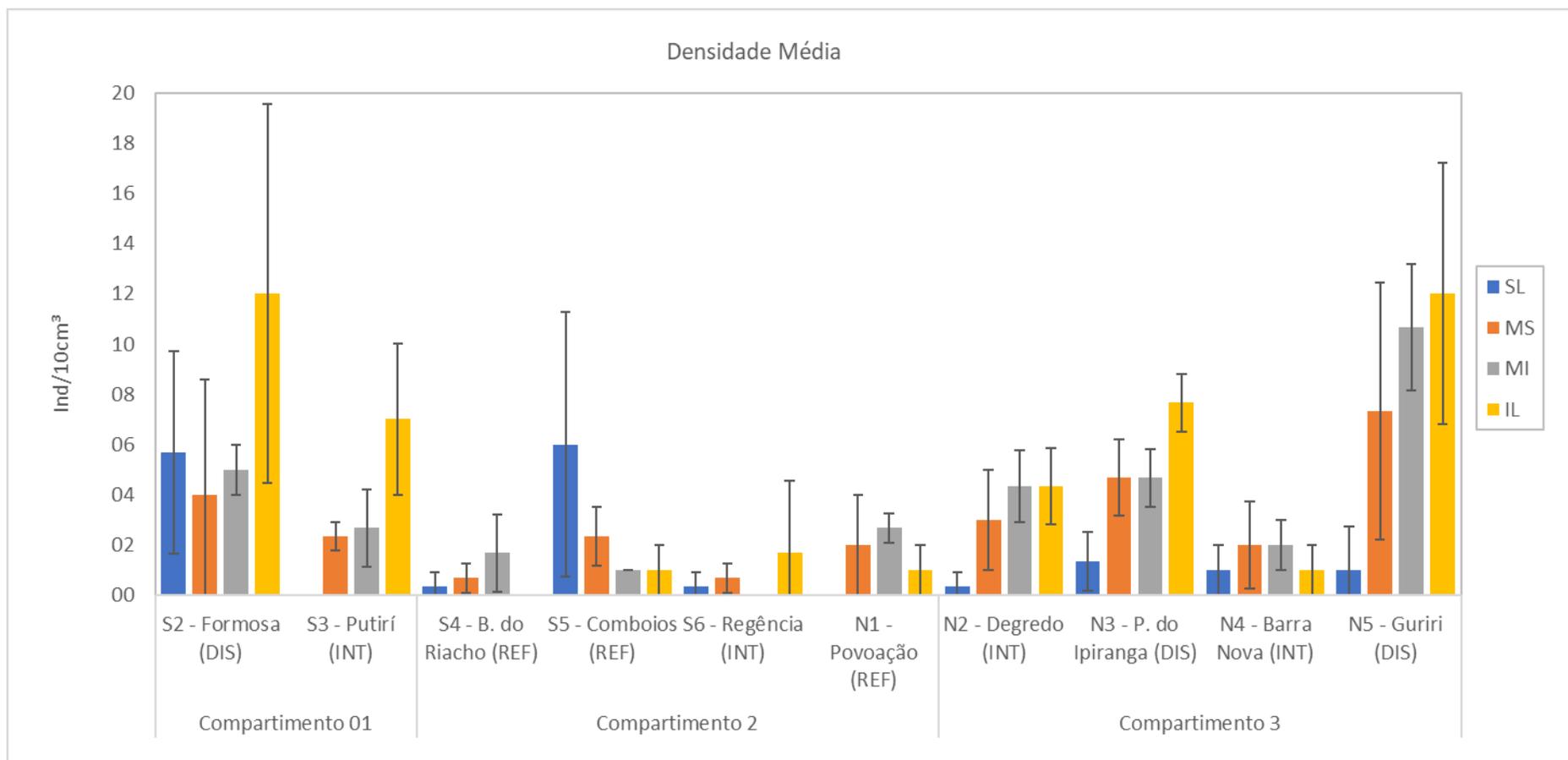
Em Guriri foi observado a maior riqueza média, com 7,8 táxons. O menor valor de riqueza de Nematoda foi obtido em Regência, com 0,7 táxons (Figura 63). De acordo com a ANOVA, houve variação significativa das riquezas médias entre as praias, sendo que Praia Formosa e Guriri obtiveram maiores valores de riqueza que as demais. Putiri e Pontal do Ipiranga apresentaram valores de riqueza intermediária e as praias restantes obtiveram valores menores ( $F=8,210$ ;  $p<0,001$ ). Em relação a distribuição da riqueza entre as faixas amostradas, o IL obteve riqueza significativamente maior que as outras faixas das praias ( $F= 5,49$ ;  $p<0,05$ ).

Considerando estado morfológico das praias, não foram observadas variações significativas na riqueza média entre as praias dissipativas com um todo, contudo os valores de riqueza encontrados no IL das três praias dessa classificação (Formosa, Pontal do Ipiranga e Guriri) foram superiores as demais faixas das praias ( $F=6,064$ ;  $p=0,002$ ). Já entre as praias de características refletivas, em Degredo foi

observado riqueza média significativamente maior quando comparado as outras praias do mesmo estado morfológico ( $F=2,86$ ,  $p<0,05$ ).

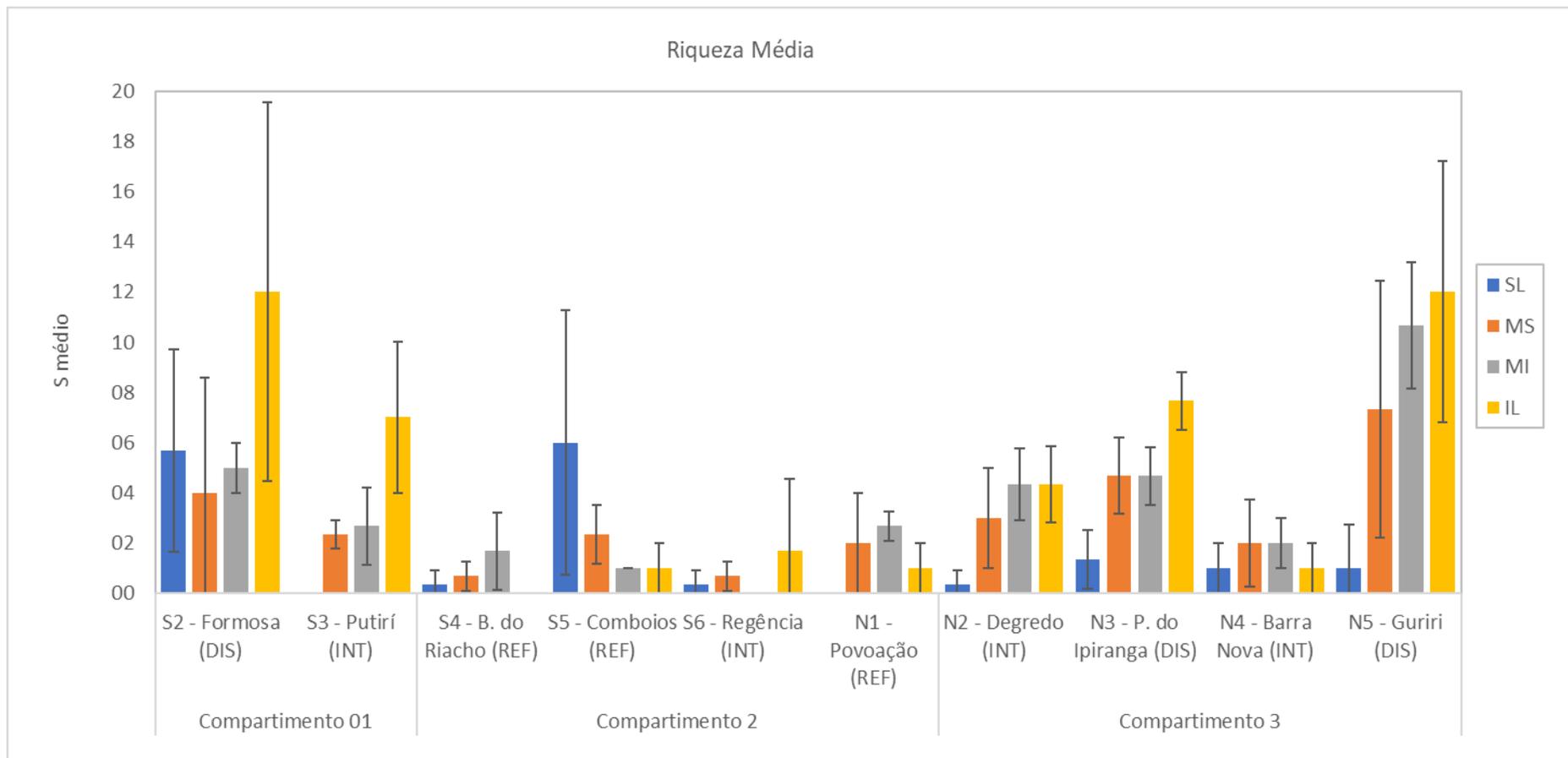
A diversidade de Shannon variou entre  $H'=1,91$  na Praia Formosa e  $H'=0,9$  em Regência (Figura 64). Houve diferenças entre praias (marginalmente significativas), sendo que as praias Guriri, Formosa e Putiri tiveram maior diversidade de Nematoda ( $F=2,27$ ,  $p = 0,072$ ). As praias de estado morfodinâmico dissipativo obtiveram maiores valores de  $H'$  entre as três classificações ( $F=17,694$ ,  $p<0,001$ ). Já para as faixas das praias, não foi observado variações significativas na diversidade ( $p>0,05$ ).

Figura 62: Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) da Nematofauna entre as praias e faixas. \* = não amostrado. DIS = Dissipativo. INT = refletivo. REF = refletivo.



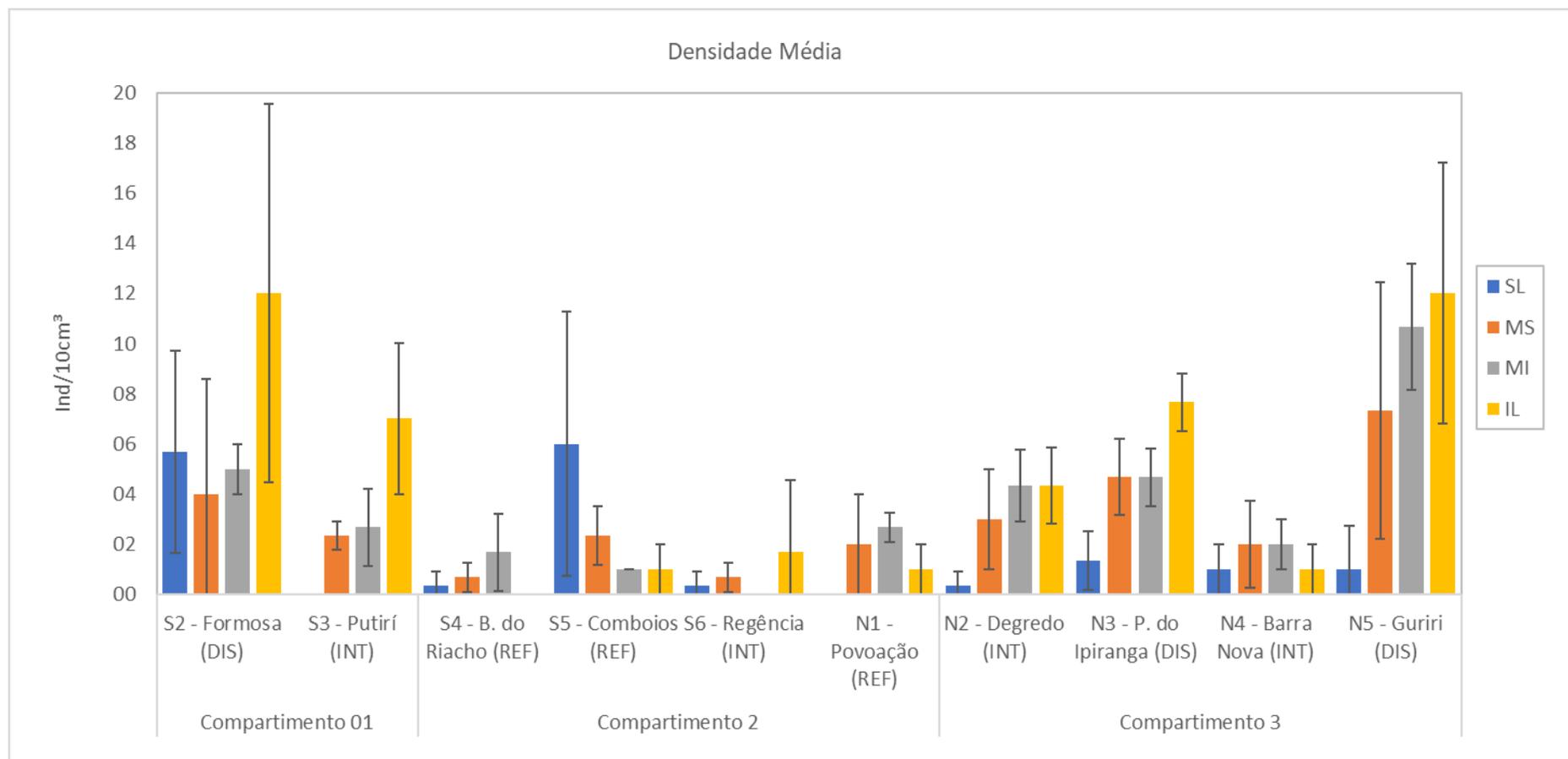
Fonte: autoria própria.

Figura 63: Riqueza média ( $\pm$  desvio padrão) da Nematofauna entre as praias e faixas. \*= não amostrado. DIS = Dissipativo. INT = refletivo. REF = refletivo.



Fonte: autoria própria.

Figura 64: Diversidade média ( $\pm$  desvio padrão) da Nematofauna entre as praias e faixas. \*= não amostrado. DIS = Dissipativo. INT = refletivo. REF = refletivo.



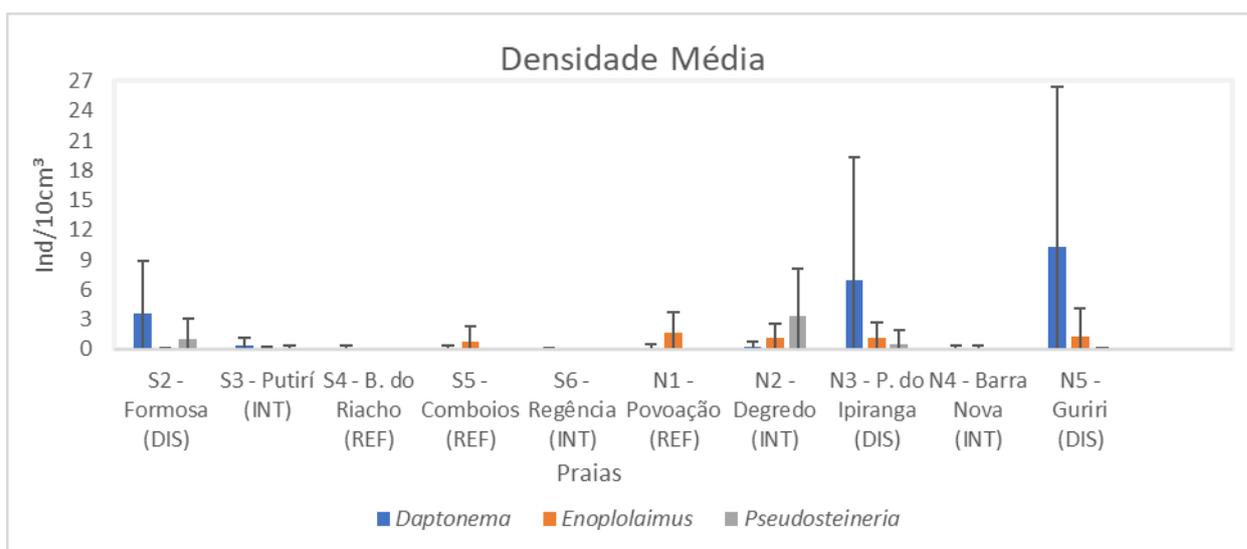
Fonte: autoria própria.

A densidade média dos gêneros mais abundantes na campanha está descrita na Figura. Os indivíduos do gênero *Daptonema*, mais abundantes considerando todas as praias, variaram entre 16 ind/10cm<sup>3</sup>, em Guriri, e 0,12 ind/10cm<sup>3</sup>, em Regência. A análise de variância (ANOVA) indicou que houve diferenças significativas das densidades de *Daptonema* entre as praias ( $F=3,23$ ,  $p= 0,001$ ), uma vez que Guriri e Pontal do Ipiranga apresentaram valores médios significativamente maiores que as demais praias. Em relação ao estado morfológico das praias, *Daptonema* foi significativamente superior nas praias dissipativas ( $F=11,784$ ,  $p<0,001$ ).

A densidade de *Enoplolaimus*, segundo dominante no estudo, foi maior em Guriri (2,8 ind/10cm<sup>3</sup>) e menor em Regência e Barra do Riacho, onde não foram registrados organismos desse gênero. As praias de Guriri e Povoação obtiveram densidade de *Enoplolaimus* significativamente maiores que na Praia Formosa, Barra do Riacho, Regência e Barra Nova. Não houve variação significativa da densidade deste gênero entre os tipos de praia ( $P>0,05$ ). O infralitoral foi a faixa das praias com que apresentou densidades superiores de *Enoplolaimus* ( $F=3,48$ ,  $p = 0,01$ )

Já para os *Pseudosteineria*, a maior densidade foi observada em Degredo (4,7 ind/10cm<sup>3</sup>), sendo que não houve a ocorrência desse grupo em Barra do Riacho, Comboios, Regência, Povoação e Barra Nova, todas de característica refletivas ou intermediárias. Segundo os resultados da ANOVA, Degredo teve densidade de *Pseudosteineria* significativamente maior que as demais praias ( $F=3,97$ ,  $p < 0,001$ ). Não houve variação significativa da densidade deste gênero em diferentes faixas e diferentes tipos de praia ( $p>0,05$ ).

Figura 65: Densidade média ( $\pm$  desvio padrão) dos grupos taxonômicos mais abundantes da Nematofauna. DIS = Dissipativo. INT = refletivo. REF = refletivo.

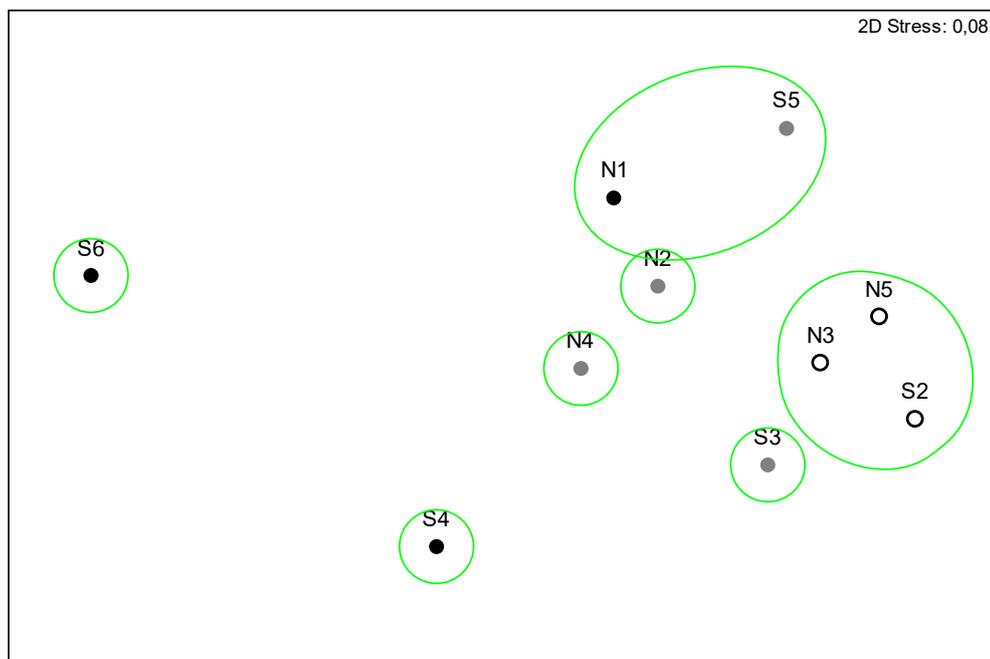


Fonte: autoria própria.

A análise de escala multidimensional não métrica (nMDS) demonstrou a formação de agrupamentos de praias dissipativas, com estrutura da Nematofauna similar (Figura 66). A análise de similaridade ANOSIM corroborou esses resultados ( $R= 0,118$ ,  $p=0,001$ ), indicando que há diferença significativa entre a composição e densidades dos organismos entre as praias. As praias Pontal do Ipiranga (N3),

Guriri (N5) e Formosa (S2), todas do tipo dissipativas, foram mais similares entre si e significativamente diferentes de Regência (S6) e Barra do Riacho (S4) ( $P < 0,05$ ).

Figura 66: Gráfico de (nMDS) da meiofauna bentônica. ● = praia refletiva; ○ = praia dissipativas; ● = praia intermediária.  
Contorno em verde = 40% de similaridade.



Fonte: autoria própria.

A análise de percentual de similaridade (SIMPER) apontou a densidade média do gênero *Daptonema*, aliada a ausência de diversos outros táxons, como os responsáveis pela dissimilaridade de Regência com as praias dissipativas. Os principais gêneros que contribuíram para a dissimilaridade entre estas praias estão dispostos no Quadro 7.

Quadro 7: Principais gêneros que contribuíram para a dissimilaridade entre praias de Regência, Formosa, Pontal do Ipiranga e Guriri.

Regência x Praia Formosa				
Dissimilaridade média = 99,00%				
Gêneros	Formosa	Regência	Contrib%	Cum. %
	Densidade média	Densidade média		
<i>Daptonema</i>	1,32	0,05	14,62	14,62
<i>Steineria</i>	0,5	0	8,47	23,09
<i>Pseudosteineria</i>	0,58	0	7,01	30,1
<i>Synonchium</i>	0,14	0	5,41	35,51
<i>Paracanthochus</i>	0,47	0	4,5	40,01

Regência x Pontal do Ipiranga				
Dissimilaridade média = 97,7%				
Gêneros	Regência	Pontal do Ipiranga	Contrib%	Cum. %
	Média Densidade	Média Densidade		
<i>Daptonema</i>	0,05	1,75	26,14	26,14
<i>Paracanthochus</i>	0	0,4	10,74	36,87
<i>Enoplolaimus</i>	0	0,69	7,13	44
Regência x Guriri				
Dissimilaridade média = 96,6%				
Gêneros	Regência	Guriri	Contrib%	Cum. %
	Média Densidade	Média Densidade		
<i>Daptonema</i>	0,05	2,2	14,1	14,1
<i>Nematoda spp.</i>	0,09	0,13	12,32	26,42
<i>Omicronema</i>	0,05	0,93	6,51	32,93
<i>Paracytholaimus</i>	0	0,36	5,65	38,57
<i>Gonionchus</i>	0	0,75	4,92	43,49

Fonte: autoria própria.

Em relação a praias arenosas, o número de gêneros aqui registrados (75) esteve dentro dos valores encontrados em praias ao redor do mundo. NICHOLAS & HODDA (1999) registraram 48 gêneros em Dolphin Beach, Austrália; GHESKIERE et al. (2004) encontraram 65 gêneros em De Panne, Bélgica; FONSCA-GENEVOIS et al. (2004) encontraram 68 gêneros e MARIA et al. (2008) encontraram 62 gêneros em praias da costa do Rio de Janeiro, Brasil.

O presente estudo registrou *Daptonema*, *Enoplolaimus* e *Pseudosteineria* como os gêneros dominantes. Dentre esses, dois gêneros pertencem à família Xyalidae, que é comumente citada como o táxon mais frequentemente encontrado em praias arenosas ao redor do mundo, sendo que o mesmo é, ainda, representado por diversos gêneros dentro do mesmo ambiente. Dentre eles, podemos citar além de *Daptonema* e *Pseudosteineria*, ainda *Metadesmolaimus*, *Omicronema*, *Paramonhystra*, *Rhynchonema*, *Steineria*, *Theristus* e *Xyala* (HEIP et al., 1985; NICHOLAS & HODDA, 1999, LEE & RIVEROS, 2012).

Nas praias aqui monitoradas, Formosa, Pontal do Ipiranga e Guriri são classificadas como intermediárias a dissipativas, pois apresentam granulometria mais fina, e apresentaram dominância de *Daptonema*, estando de acordo com diversos outros estudos que citam esse gênero como dominante em ambientes de areia fina e média (GOURBAULT & WARWICK, 1994, NICHOLAS & HODDA, 1999, GHESKIERE et al., 2004, HOURSTON et al., 2005, MORENO et al., 2006, MUNDO-OCAMPO et al., 2007, ATAIDE, 2012).

Ambientes em que há a predominância de sedimentos finos são fisicamente menos estressantes e mais ricos em matéria orgânica e biomassa. Essa abundância em disponibilidade de alimento favorece gêneros como *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Trissonchulus*, *Enoplolaimus* e *Oncholaimellus* (GHESKIERE et al., 2005; MARIA et al., 2012). No entanto, esses três últimos gêneros são classificados como

comedores de epistrato ou predadores, WIESER (1956) classificou os Nematoda em quatro diferentes grupos de acordo com a relação entre a granulometria e níveis tróficos baseados na estrutura bucal dos indivíduos. De forma geral, o autor concluiu que ambientes de sedimento mais fino são dominados por comedores de depósito seletivos e não seletivos, enquanto que em ambientes de sedimento mais grosso são dominados por indivíduos predadores. Os resultados aqui encontrados estão de acordo com as conclusões apresentados pelo autor, haja vista que nas praias de areia fina (Guriri, Pontal do Ipiranga e Formosa), o gênero dominante foi Daptonema, classificado como comedor de depósito não seletivo. Enquanto que nas praias de areia média a muito grossa (Povoação, Comboios e Barra do Riacho) os gêneros dominantes são classificados como raspadores/predadores (Enoplolaimus, Paracanthochus e Calomicrolaimus, respectivamente).

Os valores de densidade encontrados nas praias do litoral Capixaba estão expressivamente abaixo dos valores encontrados em outras praias ao redor do mundo. Ataíde et al. (2012) registrou densidades até dez vezes mais altas em praia dissipativa de granulometria fina em comparação às praias dissipativas aqui investigadas. Enquanto Gray e Rieger (1971) registraram densidade quatro vezes acima dos valores aqui encontrados. Entre as praias refletivas, a densidade também esteve abaixo do esperado. Em praias expostas à ação das ondas e granulometria grossa, são esperados valores de densidade de duas a dez vezes os valores aqui registrados (Heip et al., 1982; Gheskiere et al., 2004; Gheskiere et al., 2005). Apesar da baixa densidade, as praias do Espírito Santo seguiram o padrão de densidade esperado, no qual, praias dissipativas tendem a apresentar maior densidade da Nematofauna quando comparadas com praias refletivas (Hennig et al., 1981; Heip et al., 1985). Heip et al. (1985) em revisão sobre a ecologia de nematoides marinhos, compara as densidades desses organismos em diferentes faixas granulométricas e encontra que em ambientes onde há a predominância das frações de argila, a Nematofauna apresenta densidades maiores que àquelas registradas em ambientes dominados por areia fina e silte e que esses ambientes por sua vez, apresentam densidades maiores que aquele onde há a predominância de sedimento de granulometria mais grossa.

De uma forma geral a densidade tende a diminuir com o aumento do diâmetro médio do grão e assim também segue o padrão da riqueza, apresentando valores mais baixos em grãos de diâmetro maior. Na costa do Espírito Santo, as maiores densidades foram encontradas nas praias de Guriri, Pontal do Ipiranga e Formosa, praias classificadas como dissipativas e de granulometria fina. O sucesso de Nematoda nesses ambientes deve-se ao fato de praias dissipativas, tidas como ambientes mais protegido da ação das ondas e, portanto, menos estressantes do ponto de vista físico, as tornam um ambiente favorável para a fauna se estabelecer. Assim, é comum encontrar uma maior riqueza nesses ambientes (GHESKIERE et al., 2004; ATAÍDE, 2012; MARIA et al., 2013; MARIA et al., 2016). MCLACHLAN & BROWN (2006) referem-se às praias mais protegidas como ambientes característicos de sedimento mais fino do que aqueles encontrados em praias expostas, nas quais são encontrados sedimento mais grosso.

Dessa forma, podemos concluir que as praias que apresentam sedimentos mais finos e menor energia de onda apresentam maior riqueza do que aquelas com sedimento mais grosso. Condizendo com o

que foi encontrado no presente estudo, no qual as praias menos expostas à ação das ondas (Formosa e Guriri) apresentaram maior riqueza quando comparadas às praias mais expostas (Regência). De forma geral, as praias protegidas à ação das ondas são mais ricas que praias expostas (GRAY, 2002).

Dentro do padrão de distribuição horizontal de Nematoda em praias arenosas, espera-se que uma menor riqueza de espécies seja encontrada no supralitoral, haja vista que essa zona apresenta condições mais extremas (KNOX, 2011) quando comparadas às zonas mais inferiores. Assim como encontrados nas praias do litoral do Espírito Santo aqui investigadas, a maior riqueza foi registrada no infralitoral, ambiente que apresenta menor variabilidade nas condições ambientais durante a variação da maré. GHESKIERE et al. (2005) também registrou na praia de San Rossore (Itália) maior riqueza de espécies de Nematoda no infralitoral quando comparado ao supra e mesolitoral. Além disso, os autores encontraram que a dissimilaridade diminuiu da zona supralitoral para o infralitoral, ou seja, a similaridade entre as zonas do mesolitoral e infralitoral são maiores do que a similaridade entre o supralitoral e o mesolitoral.

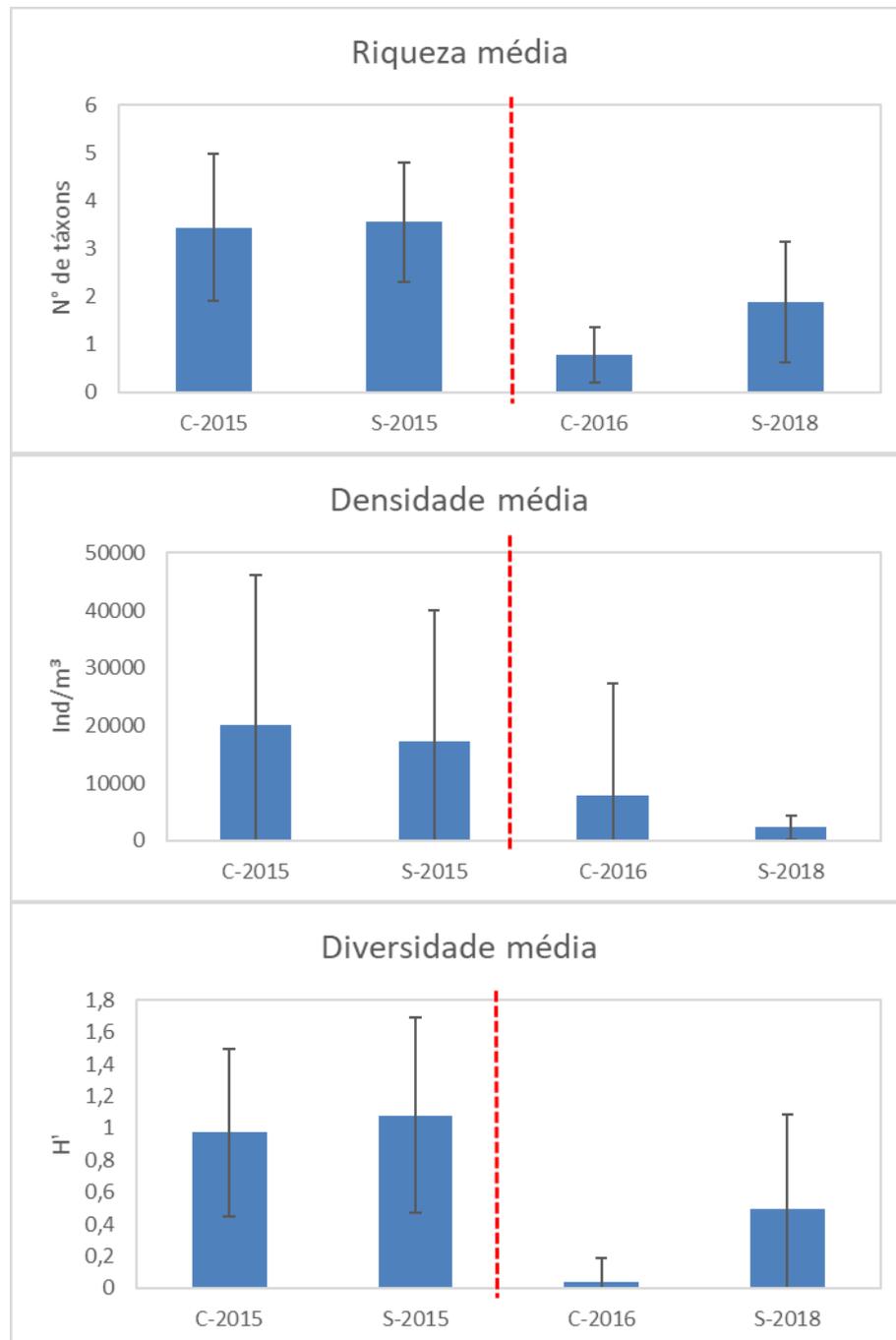
### 3.3 DADOS PRETÉRITOS

Não existem dados pretéritos que contemplem todos os pontos amostrais. Aqui são apresentados os dados pretéritos de macrofauna e meiofauna para a praia de Degredo (N2), de acordo com os dados apresentados na dissertação de Teixeira, 2016 e uma breve comparação em relação ao trabalho de conclusão de curso de Mauri, 2017.

Logo após à chegada da lama de rejeitos (chuvoso/2016) é possível verificar uma drástica redução nos índices biológicos da macrofauna (todos com  $p < 0,01$ ). Com os dados obtidos no PMBA é possível observar que no período Seco/2018 houve um acréscimo na riqueza e diversidade, no entanto a densidade de organismos continua reduzindo.

A riqueza média para o período chuvoso pré-desastre era de 3,44 táxons, reduzindo para 0,77 táxons no período chuvoso pós desastre. Quanto ao período seco/2015, a riqueza média era de 3,55 táxons, reduzindo para 1,88 táxons no período Seco/2018. O mesmo padrão foi observado para a diversidade de organismos. A densidade de organismos apresentou uma redução de 86,5% entre o período Seco/2015 e o Seco/2018.

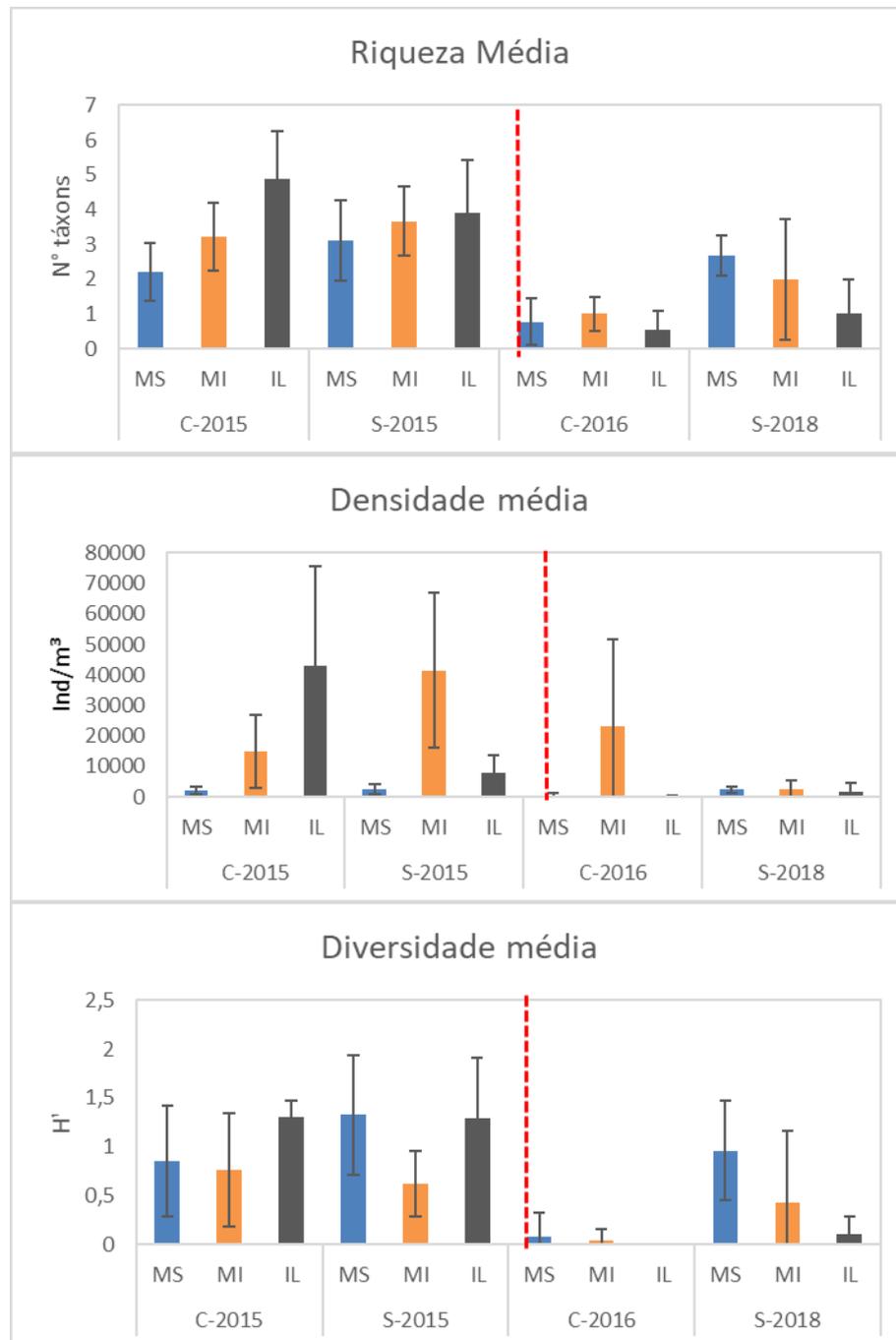
Figura 67: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da macrofauna. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 – S-2015 refere-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; C- 2016; refere-se aos dados pretéritos do trabalho de conclusão de curso de Mauri, 2017. S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.



Fonte: autoria própria.

A modificação dos índices entre as faixas também é possível ser verificada (Figura 68). Todas as faixas apresentaram reduções nos índices analisados no período pré e pós desastre. Entre os períodos seco/2015 e seco/2018, a faixa IL apresentou uma redução de 74% nos valores médios de riqueza, 76% para densidade e 92% para diversidade.

Figura 68: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da macrofauna entre faixas. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 – S-2015 refere-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; C-2016; refere-se aos dados pretéritos do trabalho de conclusão de curso de Mauri, 2017. S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.



Fonte: autoria própria.

Eventos como esses modificam o habitat dos organismos bentônicos, provocando alteração da estrutura da comunidade, por meio da redução do número de espécies, aumento de organismos oportunistas, reduzindo assim a diversidade de táxons (ELLIS: HOOVER, 1990).

A redução brusca nos índices analisados pode ser considerada uma evidência de que a comunidade macrobentônica da praia de Degredo foi impactada. DE OLIVEIRA GOMES et al. (2017) observou uma redução na densidade e diversidade de organismos, assim como a modificação da estrutura trófica para o estuário do Rio Doce após o desastre. O mesmo padrão foi observado por CASTILLA (1983) no Chile, onde rejeitos de cobre, sem tratamento, foram despejados através do rio Salado diretamente no mar da praia da Baía de Chañaral, onde o monitoramento da fauna de praias arenosas demonstrou uma diminuição progressiva da densidade e da biomassa nas comunidades macrobentônicas afetadas pelos rejeitos.

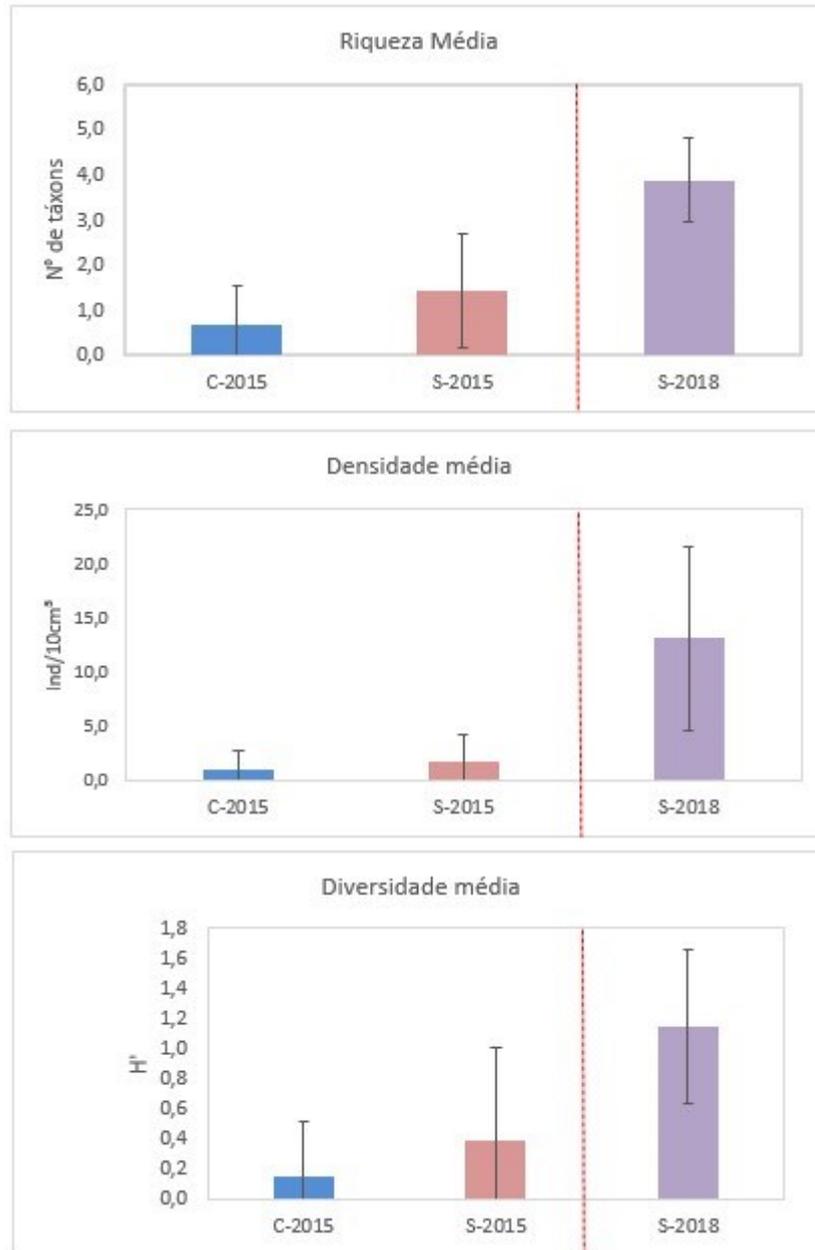
Para a meiofauna e nematofauna também ocorreram claras modificações entre os períodos pré (seco/2015) e pós-desastre (seco/2018) em Degredo (N2). No entanto foram o contrário do que ocorreu pra macrofauna. Foi verificado um acréscimo significativo nos valores de riqueza, densidade e diversidade ( $p < 0,001$  para todos os índices) na condição de pós desastre (Figura 69, Figura 70 e Figura 71). Teixeira (2016) registra para esta estação amostral, referente ao período seco/2015, um total de 5 táxons de meiofauna, sendo Polychaeta o táxon com maior densidade (0,92 ind/10cm<sup>3</sup>). Porém, no período seco/2018, houve o registro de 7 táxons e o de maior densidade foi Nematoda, com 5,57 ind/10cm<sup>3</sup> (Quadro 8). Da mesma forma, para a nematofauna, Teixeira registrou 4 táxons no período seco/15 (pré-desastre) e, no presente trabalho, houveram 14 táxons (Quadro 9).

Quadro 8: Índices biológicos da meiofauna dos períodos seco/2015 (pré-desastre) e seco/2018 (pós-desastre).

Período	Taxa	Dens. Média (ind/10cm <sup>3</sup> )	DP
Seco/2015	Polychaeta	0,92	0,83
	Nematoda	0,37	1,70
	Copepoda	0,27	0,34
	Platyhelminthes	0,21	0,00
Seco/2018	Nematoda	5,57	6,14
	Oligochaeta	2,26	6,60
	Copepoda	0,90	2,28
	Polychaeta	0,53	1,22
	Platyhelminthes	0,34	0,73
	Nemertea	0,16	0,21
	Acari	0,05	0,53

Fonte: autoria própria.

Figura 69: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da meiofauna. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 referem-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.



Fonte: autoria própria.

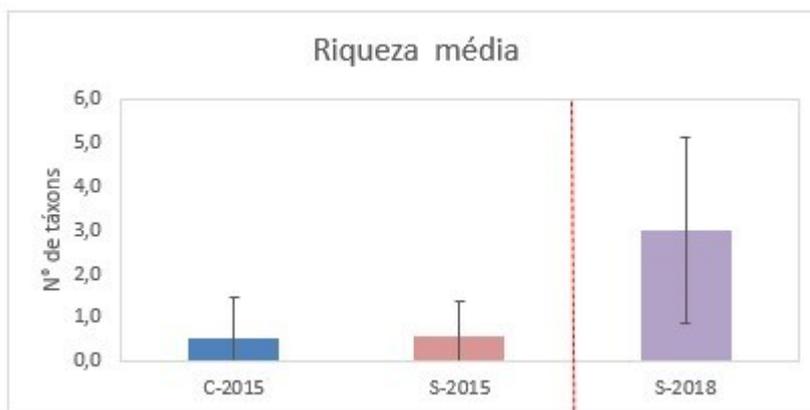
Quadro 9: Índices biológicos da nematofauna dos períodos chuvoso/2015, seco/2015 (pré-desastre) e seco/2018 (pós-desastre).

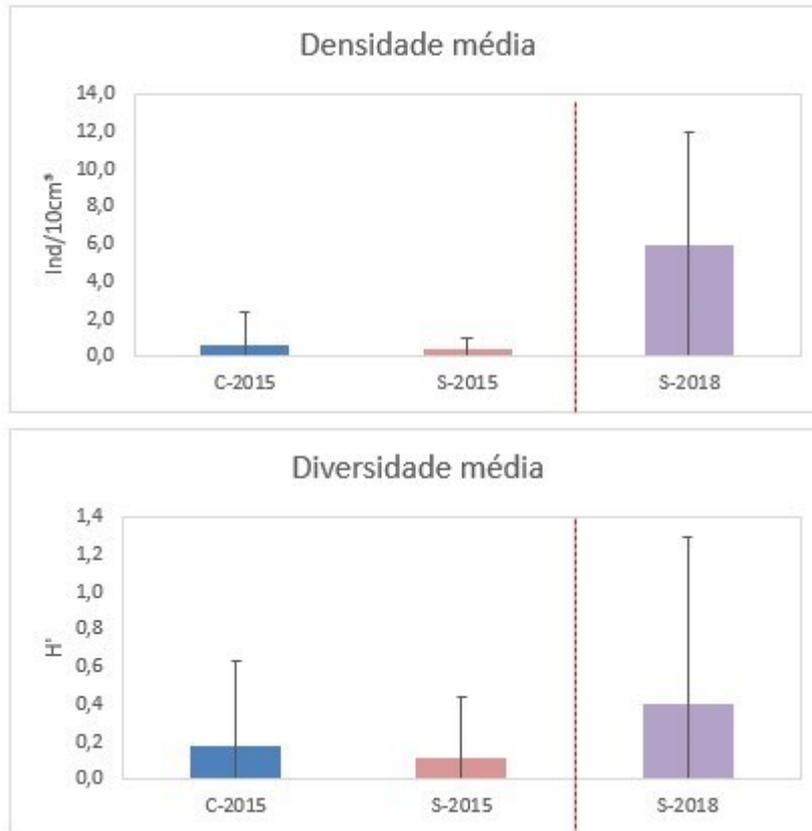
Período	Taxa	Dens.Média (ind/10cm3)	DP
Chuvoso/2015	<i>Ascolaimus</i>	0,02	0,12
	<i>Microlaimus</i>	0,26	0,59
	<i>Molgolaimus</i>	0,09	0,43
	<i>Prioncholaimus</i>	0,01	0,06
	<i>Chromaspirina</i>	0,18	0,86

Período	Taxa	Dens.Média (ind/10cm <sup>3</sup> )	DP
	<i>Choanolaimus</i>	0,01	0,06
Seco/2015	<i>Ascolaimus</i>	0,20	0,42
	<i>Microlaimus</i>	0,14	0,32
	<i>Molgolaimus</i>	0,01	0,06
	<i>Prioncholaimus</i>	0,01	0,06
	<i>Pseudosteineria</i>	3,28	4,78
Seco/2018	<i>Enoplolaimus</i>	1,09	1,42
	<i>Axonolaimus</i>	0,29	0,48
	Nematoda spp.	0,24	0,59
	<i>Daptonema</i>	0,23	0,48
	<i>Enoploides</i>	0,21	0,43
	<i>Omicronema</i>	0,20	0,49
	<i>Aporcelaimellus</i>	0,11	0,26
	<i>Dorylaimida</i>	0,07	0,25
	<i>Bathylaimus</i>	0,06	0,15
	<i>Paracanthochus</i>	0,04	0,12
	<i>Chromadoridae</i>	0,04	0,12
	<i>Thalassironus</i>	0,03	0,09
	<i>Spirobolbolaimus</i>	0,03	0,09

Fonte: autoria própria.

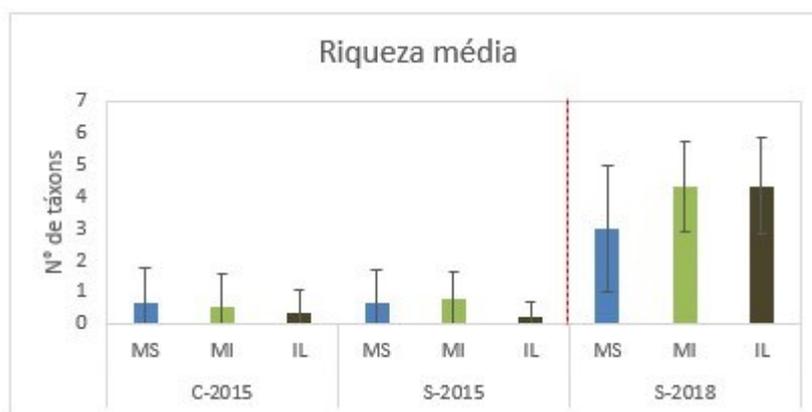
Figura 70: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da nematofauna. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 referem-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.

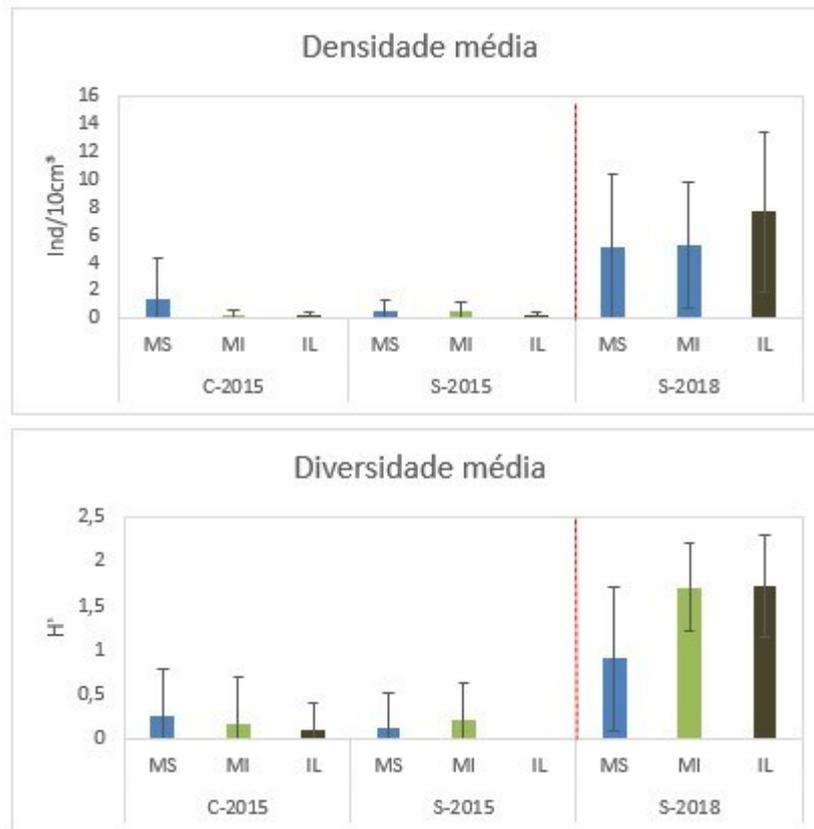




Fonte: autoria própria.

Figura 71: Comparação dos dados pretéritos de riqueza média, densidade média e diversidade média da meiofauna entre faixas. C=chuvoso, S=Seco; C-2015 e S-2015 referem-se aos dados pretéritos da dissertação de Teixeira, 2016; S-2018 refere-se aos dados do PMBA (set/2018). A linha vermelha demarca a época do desastre.





Fonte: autoria própria.

### 3.4 CONCLUSÃO

Com apenas uma amostragem realizada no período seco em 2018 (set/18) já foi possível detectar algumas alterações da fauna que possivelmente foram causadas pelo desastre de 2015. Apesar da fauna encontrada ser típica de praias arenosas, os padrões de distribuição dos três componentes (macro, meio e nematofauna) analisados não se comportaram como o previsto na literatura. Com os dados coletados nessa campanha, ficou claro uma redução dos valores de densidade, riqueza e diversidade da macrofauna em praias dissipativas, enquanto que a meiofauna e, em específico, a nematofauna tiveram os melhores valores registrados nesse tipo de praia. Apesar dos melhores valores de meio e nematofauna registrados nas praias dissipativas, esses valores foram muito abaixo da média de praias arenosas mundiais.

O comportamento da estrutura da comunidade de meiofauna e macrofauna apresentou-se de maneira oposta, uma vez que a macrofauna apresentou maiores densidades nas praias refletivas em detrimento da meiofauna e vice-versa. Uma das explicações pode estar ligada às interações biológicas entre as mesmas. Segundo Watzin (1985), a predação pela macrofauna funciona, provavelmente, como um fator de regulação da meiofauna que, por sua vez, ajuda a regular a macrofauna no ato do assentamento da larva planctônica no substrato. Nesse sentido, as relações predação/respostas comportamentais exercem um papel importante na determinação da estrutura da comunidade.

Além disso, os dados pretéritos da praia de Degredo confirmam a clara alteração dos índices biológicos pré- e pós-desastre. No entanto, Degredo é uma praia caracterizada como intermediária, com uma fauna mista adaptada para ambientes um pouco mais dinâmicos. Dessa forma, se os componentes bentônicos de uma praia intermediária do presente estudo já demonstram uma clara evidência de efeito da lama na fauna em comparações pré e pós-desastre, podemos esperar que a redução dos índices observadas nas praias dissipativas, que, de acordo com a literatura, deveriam ser maiores que as refletivas, sejam um indicativo de efeito do desastre na praia.

De qualquer forma, a continuidade do monitoramento é essencial para conhecimento, confirmações e acompanhamento da dinâmica da fauna nessas praias. Até o momento as análises ocorreram com amostras coletadas na estação seca. Na estação chuvosa, pode ocorrer remobilização do sedimento e efeitos diferentes podem ser detectados na fauna. A estação chuvosa coincide também com o período de recrutamento da fauna e novas informações possivelmente vão surgir. Ainda mais, sugerimos incluir novos pontos mais ao norte, em direção a Bahia.

### 3.5 REFERÊNCIAS

- AMARAL, A.C.Z., MACCORD, F.S., BORGES, M., RIZZO, A.E., 2011. Composição faunística de fundos não consolidados da plataforma interna. Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do litoral norte de São Paulo sudeste do Brasil. Campinas: Unicamp, v.573, p. 435-458.
- AMARAL, A.C.Z., MIGOTTO, A.E., TURRA, A., SCHAEFFER-NOVELLI, Y., 2010. Araçá: biodiversity, impacts and threats. *Biota Neotropica*, 10(1), p. 219-264.
- AMARAL, A.C.Z., NALLIN, S.A.H., 2011. Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do litoral norte de São Paulo, sudeste do Brasil. Campinas: UNICAMP, 568 p.
- AMARAL, A.C.Z., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B., 2004. Biodiversidade bêmica da região sul-sudeste da costa brasileira – plataforma externa e talude superior. Série documentos Revizee: Score Sul, USP, 216 p.
- ATAIDE, M.B. 2012. Efeitos estruturadores de recifes arenosos do *Polychaeta Sabellaria wilsoni* na comunidade de Meiofauna e na associação de Nematoda. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em oceanografia (Universidade Federal de Pernambuco). 73p.
- BARROS, F., 2001. Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Conservation Biology*, v. 97, p. 399-404.
- BORZONE, C.A., SOUZA, J.R.B., 1997. Estrutura da macrofauna bentônica no supra, meso e infralitoral de uma praia arenosa do sul do Brasil. *Oecologia Brasiliensis*. 3:197-212.
- CASTILLA, J. C., 1983. Environmental impact in sandy beaches of copper mine tailings at Chañaral, Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 14, 459-464, 10.1016/0025-326X(83) 90046-2.
- COULL, B. C., 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Austral Ecology*, v. 24, p. 327-343.
- DAHL, E. 1952. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna of sandy beaches, *Oikos*, 4: 1-27.
- DEFEO, O., BRAZEIRO, A., DE ALAVA, A., RIESTRA, G., 1997. Is Sandy beach macrofauna only physically controlled ? Role of substrate and competition in isopods. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45:433-462.
- DE OLIVEIRA GOMES, L. E., 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. *Marine pollution bulletin*, 120(1-2), 28-36.
- DEFEO, O., MCLACHLAN, A. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress*, v. 295, p. 1-20.

- DI DOMENICO, M., 2012. Poliquetas intersticiais da costa sul e sudeste do Brasil. Tese de Doutorado - Brasil: Universidade Federal do Paraná.
- FONSECA, G., FEHRLAUER-ALE, K., 2012. Three in one: fixing marine nematodes for ecological, molecular and morphological studies. *Limnology & Oceanography: Methods*, 10: 516–523.
- FONSECA-GENEVOIS, V., SANTOS, G.A.P., CASTRO, F.J.V., BOTELHO, A.P., ALMEIDA, T.C.M., COUTINHO, R., 2004. Biodiversity of marine nematodes from an atypical tropical coastal area affected by upwelling (Rio de Janeiro-Brazil). *Meiofauna Marina*, 13, 37-44.
- GLYNN, P. W., DEXTER D. M., BOWMAN T. E., 1975. *Excirrolana braziliensis*, a Pan-American sand beach isopod: taxonomic status, zonation and distribution. *Journal of Zoology*, London, 175: 509-522.
- GHESKIERE T, VINCX M, URBAN-MALINGA B, ROSSANO C, SCAPINI F, DEGRAER S., 2005. Nematode from wave-dominated sandy beaches: diversity, zonation, patterns and testing iso-communities concept. *Estuar Coast Shelf*, Si 62: 365-375.
- GHESKIERE, T., HOSTE, E., KOTWICKI, L., DEGRAER, S., VANAVERBEKE, J., VINCX, M. 2002. The sandy beach meiofauna and free-living nematodes from De Panne (Belgium). *Royal Belgian Institute of Natural Sciences*. 72:53–57.
- GHESKIERE, T., HOSTE, E., VANAVERBEKE, J., VINCX, M., DEGRAER, S., 2004. Horizontal zonation patterns and feeding structure of marine nematode assemblages on a macrotidal, ultra-dissipative sandy beach (De Panne, Belgium). *Journal of Sea Research*, 52, 211-226.
- GIANGRANDE, A., LICCIANO, M., MUSCO, L., 2005. Polychaetes as environmental indicators revisited. *Marine Pollution Bulletin*, v. 50, n. 11, p. 1153-1162.
- GIERE, O., 1993. *Meiobenthology: the microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag, Berlin.
- GIERE, O., 2009. *Meiobenthology: the Microscopic Fauna in Aquatic Sediments*. 2<sup>a</sup> ed. Berlin: Springer-Verlag, 527p.
- GIERE, O., 1975. Population structure, food relations and ecological role of marine oligochaetes, with special reference to meiobenthic species. *Marine Biology*, v. 31, n. 2, p. 139-156.
- GOURBAULT, N., WARWICK, R.M., 1994. Is the determination of meiobenthic diversity affected by the sampling method in sandy beaches? *Marine Ecology*, 15: 267-279.
- GRAY, J.S., 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, v.12, p. 223-261.
- GRAY, J.S., 2002. Species richness of marine soft sediments. *Marine Ecology Progress Series*, 244: 285-297.

- GRAY, J. S., RIEGER, R. M., 1971. A quantitative study of the meiofauna of an exposed sandy beach, at Robin Hood's Bay, Yorkshire. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 51, n. 1, p. 1-19.
- HEIP, C., VINCX, M., SMOL, N., VRANKEN, G., 1982. The systematic and ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological Abstract*, v.51, Series B, p. 1- 31.
- HEIP, C., VINCX, M., VRANKEN, G., 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 23, 399–489.
- HENNIG, H. K., FRICKE, A. H., GREENWOOD, P. J., & EAGLE, G. A., 1982. Relationships between meiofaunal population densities and physico-chemical properties of unpolluted sandy beaches. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1(4), 337-344.
- HIGGINS, R. P., THIEL, H., 1988. Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press.
- HOURSTON, M., WARWICK, R.M., VALESINI, F.J., POTTER, I.C., 2005. To what extent are the characteristics of nematode assemblages in nearshore sediments on the west Australian coast related to habitat type, season and zone? *Estuar Coast Shelf*, S 64: 601-612.
- JARAMILLO, E., MCLACHLAN, A., DUGAN, J., 1995. Total sample area and estimates of species richness in exposed sandy beaches. *Marine Ecology Progress Series*, 119, 311–314.
- KNOX, G.A., 2001. *The Ecology of Seashores*. CRC Press, Boca Raton, 557 pp.
- LASSERRE, P., 1971. The marine Enchytraeidae (Annelida, Oligochaeta) of the eastern coast of North America with notes on their geographical distribution and habitat. *Biology Bulletin*, 140:440-460. <http://dx.doi.org/10.2307/1540280>.
- LEE, M. R., RIVEROS, M., 2012. Latitudinal trends in the species richness of free-living marine nematode assemblages from exposed sandy beaches along the coast of Chile (18-42°S). *Marine Ecology Evolution*, 33: 317-325.
- MARIA, T.F., DE TROCH, M., VANAVERBEKE, J., ESTEVES, A.M., VANREUSEL, A., 2012. The importance of biological interactions for the vertical distribution of nematodes in a temperate ultra-dissipative sandy beach. *Estuar Coast Shelf*, S 97: 114-126.
- MARIA, T.F., ESTEVES, A.M., SMOL, N., VANREUSEL, A., DECRAEMER, W., 2008. Nematodes from sandy beaches of Guanabara bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Biociencias*, 16, 92-103.
- MARIA, T.F., PAIV, A. P., VANREUSEL, A., ESTEVES, A.M., 2013. The relationship between sandy beach nematodes and environmental characteristics in two Brazilian sandy beaches (Guanabara Bay, Rio de Janeiro). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85: 257-270.
- MARIA, T.F., VANAVERBEKE, J., VANREUSEL, A., ESTEVES, A.M., 2016. Sandy beaches: state of the art of nematode ecology. *Anais da Academia Brasileira*, 88.

- MARTINS, A.L.G., 2007. A macrofauna bentônica das praias arenosas expostas do Parque Nacional de Superagui (PR): Subsídios ao Plano de Manejo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná – UFPR. 77p.
- MCINTYRE, A. D., 1969. Ecology of marine meiobenthos. *Biological Reviews*, v. 44, n. 2, p. 245-288.
- MCLACHLAN, A, BROWN, A.C., 2006. The ecology of sandy shores. Elsevier. Amsterdam. 373p.
- MCLACHLAN, A., 1990. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. *Journal of Coastal Research*, 6, 57–71.
- MCLACHLAN, A., BROWN, A. 2006. Sandy beaches as ecosystems. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. 373 p.
- MCLACHLAN, A., DE RUYCK, A.M.C., HACKING, N., 1996. Community structure on sandy beaches: patterns of richness and zonation in relation to tide range and latitude. *Revista Chilena de História Natural*, 69, 451–467.
- MCLACHLAN, A., JARAMDLO, E., DONN, T. E., WESSELS, F. 1993. Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. *Journal of Coastal Research*, (Spec. Issue) 15: 27-38.
- MCLACHLAN, A., 1977. Studies on the psammolittoral meiofauna of Algoa Bay. II. The distribution, composition and biomass of the meiofauna and macrofauna. *Zool. afr.* 12: 33-60.
- MEDEIROS, L.R.A. 1989. Meiofauna de praia arenosa da Ilha Anchieta, São Paulo. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- MORENO, M., FERRERO, T.J., GRANELLI, V., MARIN, V., ALBERTELLI, G., FABIANO, M., 2006. Across shore variability and trophodynamic features of meiofauna in a microtidal beach of the NW Mediterranean. *Estuar Coast Shelf Sci*, 66: 357-367.
- MUNDO-OCAMPO, M., LAMBSHEAD, P.J.D., DEBENHAM, N., KING, I. W., DE LEY, P., BALDWIN, J. G., DE LEY, I.T., ROCHAS-OLIVARES, A., WAUMANN, D, THOMAS, W.K., PACKER, M., BOUCHER, G., 2007. Biodiversity of littoral nematodes from two sites in the Gulf of California. *Hydrobiologia*, 586(1), 179-189.
- NARCHI, W. Ciclo anual da gametogênese de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia). *Boletim de Zoologia*, v. 1, p. 331-350, 1976.
- NICHOLAS, W.L., HODDA, M., 1999. The free living nematodes of a temperate, high energy, sandy beach: faunal composition and variation over time. *Hydrobiologia*, 394.
- OMENA, E.P., AMARAL, A.C.Z., 1997. Distribuição espacial de Polychaeta (Annelida) em diferentes ambientes entremarés de São Sebastião (SP). *Oecologia Brasiliensis* 3:183-196.
- RAO, C.B. 1957. Beach erosion and concentration of heavy mineral sands. *Journal Sedimentary Petrology*, 27,143-147.

- RODRIGUEZ, J., GERMÁN, L.J., JARAMILLO, E., 2003. Estructura comunitaria de la meiofauna intermareal en un gradiente de tipos morfodinámicos de playas arenosas en el sur de Chile. *Revista Chilena de História Natural*, 74(4): 885-897.
- ROSA FILHO, J. S., GOMES, T. P., ALMEIDA, M. F., SILVA, R. F., 2011. Benthic fauna of macrotidal sandy beaches along a smallscale morphodynamic gradient on the Amazon coast (Algoaol Island, Brazil). *Journal of Coastal Research*, v. 64, p. 435-439.
- SAJAN, S., THADICKAL, J., DAMODARAN, R., 2010. Meiofauna of the western continental shelf of India, Arabian Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 86. 665-674. 10.1016/j.ecss.2009.11.034.
- SALVAT, B., 1964. Les conditions hydrodynamiques interstitielles des sédiments meubles intertidaux et la répartition verticale de la faune endogée. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de L Academie des Sciences*, v. 259, n. 8, p. 1576.
- SOLA, M.C.R., PAIVA, P.C., 2001. Variação Temporal da Macrofauna Bentônica Sublitoral da praia da Urca (RJ) após a Ocorrência de Ressacas. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 49, n. 1, p. 137-142.
- TEIXEIRA, B.A.C., 2016. Estrutura da fauna bentônica de duas praias do Espírito Santo. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical – Universidade Federal do Espírito Santo. 65p.
- TENORE, K. R., TIETJEN, J. H., LEE, J. J., 1977. Effect of meiofauna on incorporation of aged eelgrass, *Zostera marina*, detritus by the polychaete *Nephtys incisa*. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 34(4), 563-567.
- VELOSO, V.G., CARDOSO, R.S., 2001. Effects of morphodynamics on the spatial and temporal variation of the macrofauna on three sandy beaches, Rio de Janeiro State, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 81, p. 369-375, 2001.
- VELOSO, V. G., CARDOSO, R. S., FONSECA, D. B., 1997. Adaptações e biologia da macrofauna de praias arenosas expostas com ênfase nas espécies da região entre-marés do litoral fluminense.
- WATZIN, M. C., 1985. Interactions among temporary and permanent meiofauna observations on the feeding and behaviour of selected taxa. *Biological Bulletin (Woods Hole)*, 169: 397-416.
- WIESER, W., 1956. Free-living marine nematodes III. Axonolaimoidea and Mohysteroidea. *Acta Univ Lund N. F. Avd. 2. Bd 52. Nr 13: 1-115.*

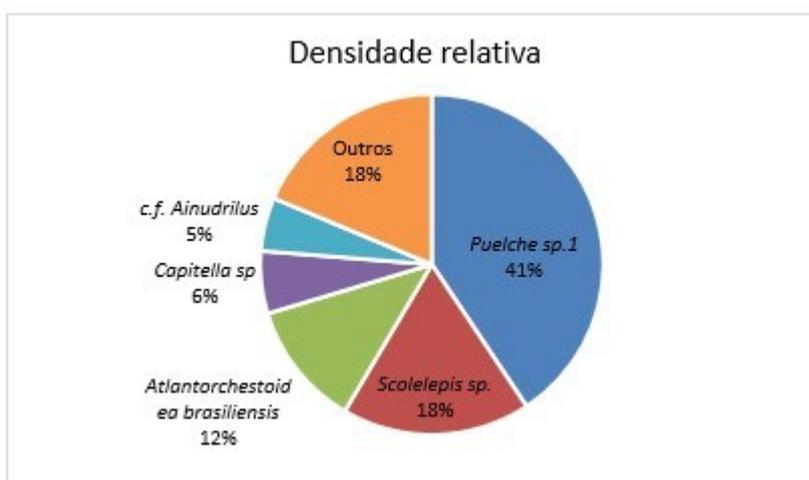
### 3.6 APÊNDICE I

#### S2 - Praia Formosa

Macrofauna:

Na Praia Formosa foram registrados 118 organismos distribuídos em 20 táxons. A densidade média foi igual a 2785,6 ind/m<sup>3</sup> (DP = 3254,3). O organismo mais abundante foi o anfípoda *Puelche* sp. com 1133,1 ind/m<sup>3</sup> (DP = 2513,5), contribuindo com 41% dos organismos encontrados (Figura 72).

Figura 72: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S2-Formosa.



Fonte: autoria própria.

Os índices biológicos não variaram significativamente entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 6,53 p>0,05; N: H=4,63 p>0,05; H': H =4,77 p>0,05), apesar do IL apresentar os maiores valores para todos os índices (Quadro 10). Foi nessa faixa que o anfípoda *Puelche* sp. esteve presente e dominou com 69%. Além disso, é importante destacar que o supralitoral (SL) também foi caracterizado pela dominância de um anfípoda, porém da espécie *Atlantorchestoidea brasiliensis* (74%), o mesolitoral superior (MS) pelas presenças do oligoqueto c.f. *Ainuadrilus* e do crustáceo *Emerita brasiliensis* (contribuindo juntos com 66% do total) e no mesolitoral inferior (MI), pela dominância do poliqueta *Scolelepis* sp., representando 82% da macrofauna dessa faixa.

Quadro 10: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (N) (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S2- Formosa.

S2 - Praia Formosa							
Componente	Zonação	S		N		H'	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	SL	1,3	1,5	1794,1	2632,2	0,3	0,5
	MS	1,7	1,2	849,9	566,6	0,5	0,8
	MI	1,7	1,5	2077,4	2893,6	0,6	0,8
	IL	5,7	2,1	6421,2	3867,0	1,6	0,5

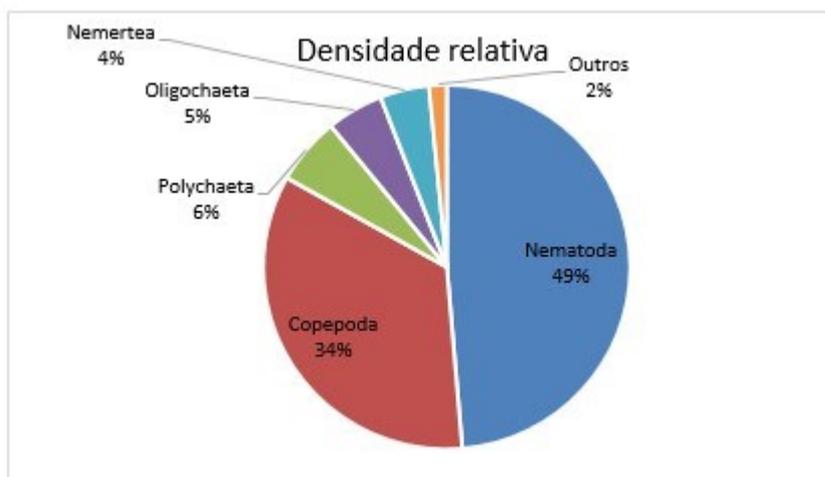
S2 - Praia Formosa							
Componente	Zonação	S		N		H'	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Meiofauna	SL	4,0	2,0	15,8	5,9	1,1	0,2
	MS	3,7	2,3	62,8	100,5	1,1	1,1
	MI	2,0	1,0	13,5	11,8	0,6	0,6
	IL	4,7	0,6	30,7	25,2	1,0	0,5
Nematofauna	SL	5,7	4,0	10,3	6,7	1,9	1,3
	MS	4,0	4,6	11,2	18,1	0,9	0,8
	MI	5,0	1,0	12,0	12,9	1,8	0,2
	IL	12,0	7,5	25,8	22,9	2,6	0,8

Fonte: autoria própria.

Meiofauna:

Foram registrados 1157 organismos distribuídos em 11 táxons. O Filo Nematoda contribuiu com 49% de indivíduos contabilizados na praia, com densidade média de 30,7 ind/10cm<sup>3</sup> (DP= 49,1), seguido por Copepoda com 34% (Figura 73).

Figura 73: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação S2-Formosa.



Fonte: autoria própria.

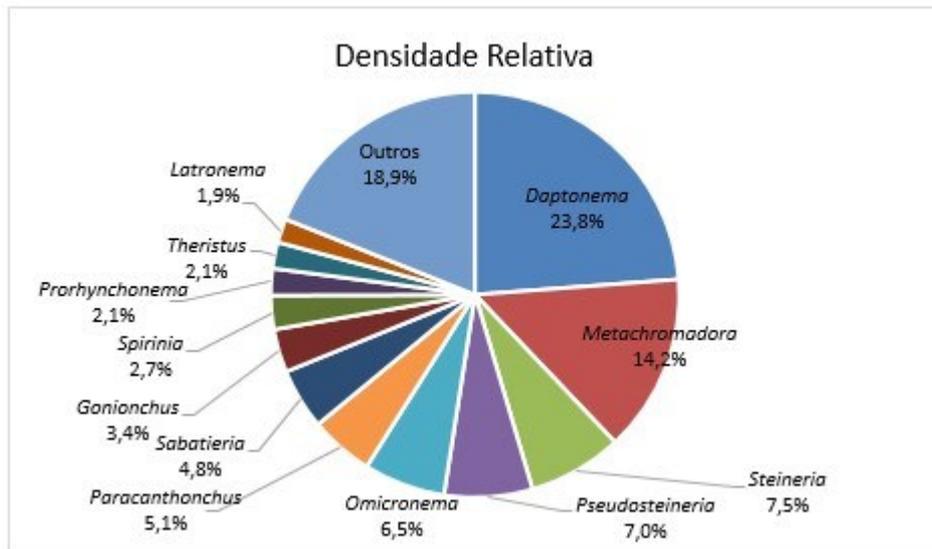
Nenhuma das faixas apresentou variação significativa para os índices estudados ((GL=3, n=12) S: H=1,38 p>0,05; N: H=1,99 p>0,05; H': H= 1,128 p>0,05). O MS foi caracterizado pela presença de Copepoda correspondendo a 64% do total de organismos (Quadro 6) e nas demais faixas (SL, MI, IL), Nematoda foi o filo dominante, com 65,1%, 89,8% e 85,1% respectivamente.

O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 10.

#### Nematofauna:

Para a nematofauna foram contabilizados 559 organismos, distribuídos em 41 táxons. Considerando o total de amostras, dentre os gêneros identificados *Daptonema* dominou a composição, com 23,8% dos indivíduos, seguido por *Metachromadora*, com 14,2% (Figura 74). 29 táxons contribuíram com baixas densidades e, quando somados, representaram 18,9% da nematofauna.

Figura 74: Densidade relativa (%) dos táxons da Nematofauna identificados para estação S2-Formosa



Fonte: autoria própria.

Quando analisado as variâncias (Kruskal-Wallis) dos dados entre a Zonação da praia, também não houve diferenças significativas entre os índices ((GL=3, n=12) S: H=2,78 p>0,05; N: H=1,57 p>0,05; H': H= 1,26 p>0,05). No mesolitoral superior (MS), o gênero *Metachromadora* foi o mais abundante (74,8%). Cabe ressaltar que o táxon mais dominante no SL foi *Paracanthonus*, com 23,2%, e no MI e IL, foi o *Daptonema* com 53,2% e 26,6%, respectivamente.

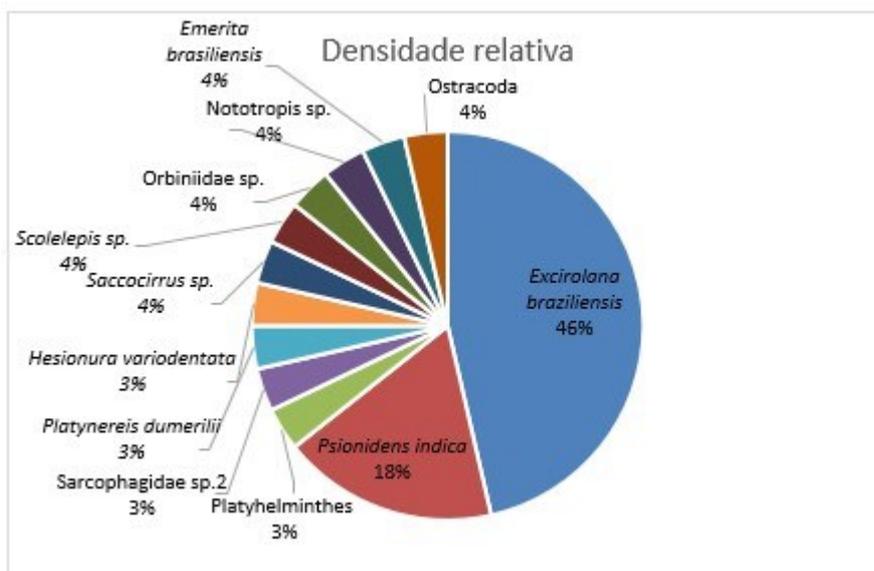
O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 10.

### S3 - Praia Putiri

#### Macrofauna:

Na Praia de Putiri foram registrados apenas 28 organismos, distribuídos em 12 táxons. Densidade média de 881,3 ind/m<sup>3</sup> (DP= 843,3). O organismo com maior densidade foi o isópoda *Excirolana braziliensis* contribuindo com 46% dos organismos encontrados (Figura 75).

Figura 75: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S3-Putiri.



Fonte: autoria própria.

Na época da campanha, não foi observado a região do supralitoral, portanto essa faixa não foi amostrada. Nas três faixas amostradas (MS, MI e I), não houve variação significativa dos índices biológicos ((GL=2, n=9) S: H=1,20 p>0,05; N: H=2,28 p>0,05; H': H= 1,39 p>0,05) (Quadro 11). O mesolitoral superior foi caracterizado pela alta densidade do isopoda *Excireolana braziliensis* presente nessa faixa (média de 1227,57ind/m<sup>3</sup>), sendo responsável por 93% dos organismos encontrados. Vale destacar que o poliqueta *Psionidens indica* foi o táxon mais representativo no MI, contribuindo com 50% do total. Para o infralitoral, *Platynereis dumerilii*, *Orbiniidae sp.*, *Nototropis sp.* e Ostracoda tiveram a mesma densidade de 93,4 ind/m<sup>3</sup>.

Quadro 11: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (N) (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S3-Putiri.

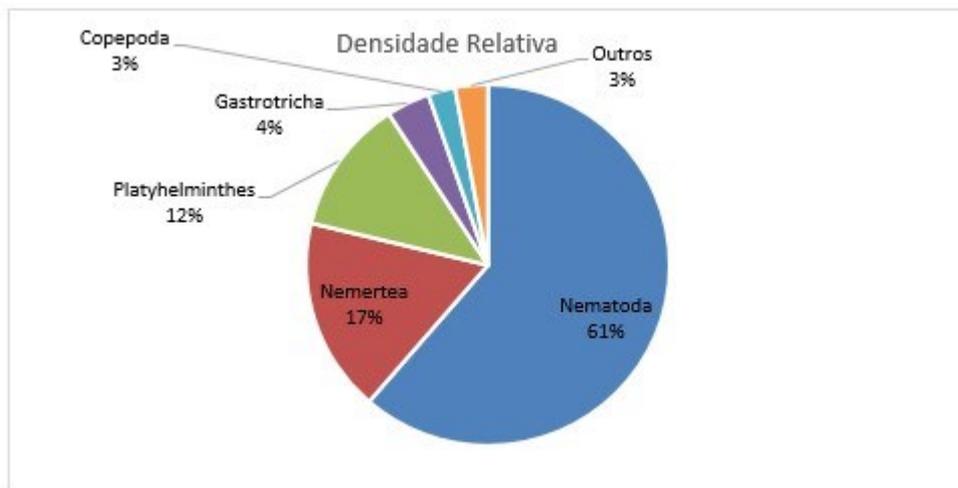
S3 - Putiri							
Componente	Zonação	S		N		H'	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	MS	1,3	0,6	1322,0	1072,5	0,3	0,5
	MI	2,3	1,5	944,3	910,6	0,9	0,8
	IL	1,3	1,5	377,7	432,7	0,5	0,9
Meiofauna	MS	3,3	1,5	5,4	3,8	1,4	0,5
	MI	4,3	1,2	6,3	2,5	1,7	0,3
	IL	3,3	0,6	10,3	8,4	0,9	0,5
Nematofauna	MS	2,3	0,6	1,9	1,4	1,0	0,5
	MI	2,7	1,5	3,0	1,6	1,1	1,0
	IL	7,0	3,0	8,6	1,6	2,3	0,3

Fonte: autoria própria.

**Meiofauna:**

Nessa praia foram registrados 207 organismos (densidade média de 7,3 ind/10cm<sup>3</sup>; DP = 5,3), distribuídos em 8 táxons. O Filo Nematoda também foi o mais abundante, totalizando 61% de indivíduos, com densidade média 4,5 ind/10cm<sup>3</sup>, seguido por Nemertea, com 17% (densidade média 1,3 ind/10cm<sup>3</sup>) (Figura 76).

Figura 76: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação S3-Putiri.



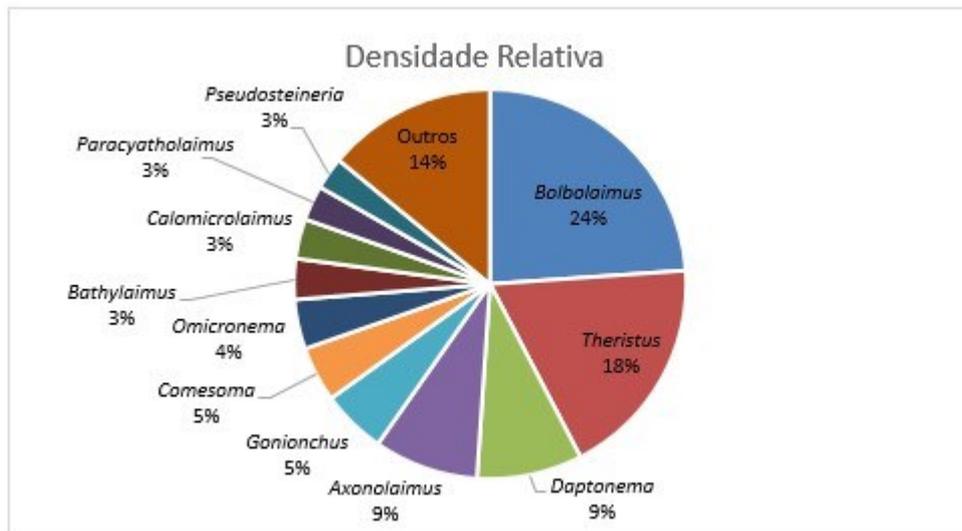
Fonte: autoria própria.

Novamente, não houve diferenças estatísticas para os índices entre as faixas ((GL=2, n=9) S: H=1,53 p>0,05; N: H=2,28 p>0,05; H': H= 1,39 p>0,05). Nematoda também foi dominante em todas as faixas amostradas (MS, MI e IL), contribuindo com 35,3%, 47,5% e 83,5% respectivamente. O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 11.

**Nematofauna:**

Para a nematofauna foram registrados 127 organismos, com densidade média de 4,5 ind/10cm<sup>3</sup> (DP= 5,1), distribuídos em 21 táxons. A riqueza média foi igual a 4,0 e diversidade média (H'log2) igual a 1,0. Considerando os gêneros identificados, Bolbolaimus foi o gênero dominante (9,6 ind/10cm<sup>3</sup>) representando 24% da fauna (Figura 77).

Figura 77: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação S3-Putiri.



Fonte: autoria própria.

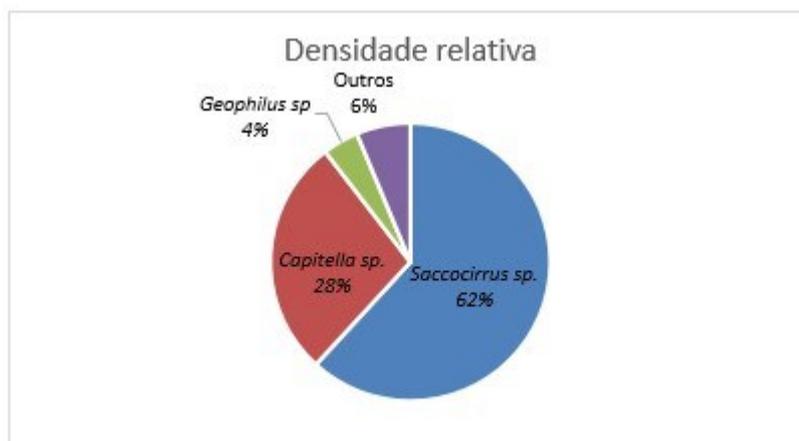
Para a nematofauna também não houve variações significativas dos índices biológicos entre as faixas ((GL=2, n=9) S: H=5,08  $p>0,05$ ; N: H=1,63  $p>0,05$ ; H': H= 3,82  $p>0,05$ ). No entanto, a riqueza média no IL foi claramente maior que nas demais (Quadro 11). O gênero *Bolbolaimus* dominou essa faixa, com densidade média de 3,06 ind/10cm<sup>3</sup>, correspondendo à 35,7%. *Axonolaimus* foi dominante no MS (53,5%) e *Theristus* representou o MI (50%). O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 11.

#### S4 - Praia Barra do Riacho

Macrofauna:

Na praia de Barra do Riacho foram registrados 144 organismos distribuídos em 6 táxons. A densidade média foi igual a 4532,6 ind/m<sup>3</sup>. O organismo mais abundante foi o poliqueta *Saccocirrus* sp. com 2801,38 ind/m<sup>3</sup>, contribuindo com 62% dos organismos encontrados, seguido por *Capitella* sp. (1259,05 ind/m<sup>3</sup>) com 28% (Figura 78).

Figura 78: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S4- Barra do Riacho.



Fonte: autoria própria.

Nessa praia houve variações significativas entre as faixas para os índices de densidade e diversidade ((GL=2, n=9) N: H=7,58 p<0,05; H': H= 6,83 p<0,05). O SL obteve os menores valores, pois não houve registro de indivíduos nessa faixa (Quadro 12). No MI, o poliqueta *Saccocirrus* sp. dominou com 65% da macrofauna e, no MS, foi o miriápode *Geophilus* sp. (50%). No que se refere ao IL, não foi possível amostrar essa faixa devido à alta energia e altura das ondas, impossibilitando a coleta de sedimento.

Quadro 12: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S4-Barra do Riacho.

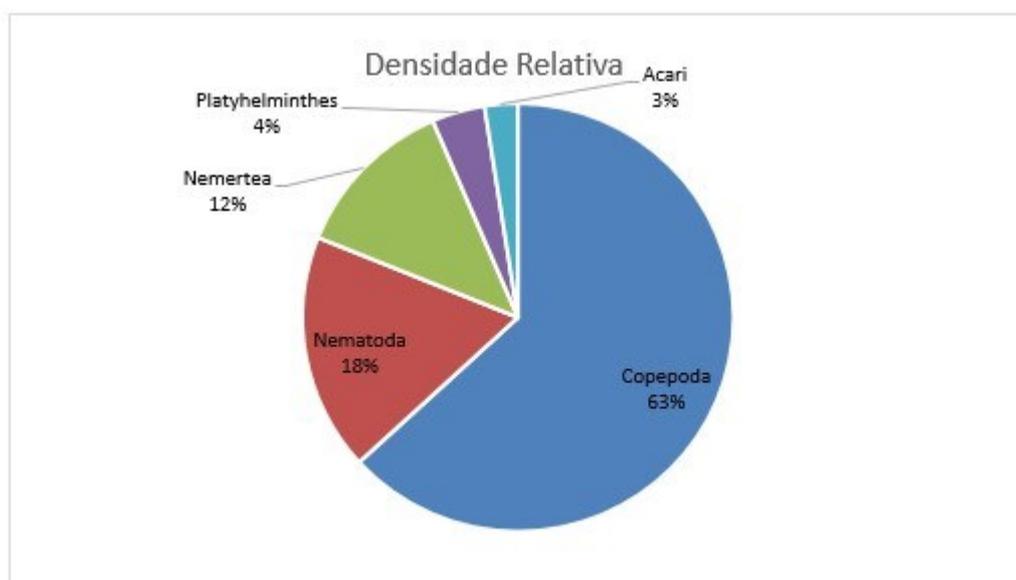
S4 - Barra do Riacho							
Componente	Zonação	Riqueza		Densidade		Diversidade	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	SL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	MS	2,3	0,6	944,3	163,6	1,1	0,3
	MI	2,7	1,5	12653,4	817,8	0,3	0,3
Meiofauna	SL	1,0	0,0	1,1	1,0	0,0	0,0
	MS	3,3	1,5	5,2	5,0	1,1	0,4
	MI	2,0	1,0	2,3	1,0	0,6	0,7
Nematofauna	SL	0,3	0,6	0,8	1,2	0,0	0,0
	MS	0,7	0,6	0,6	0,3	0,0	0,0
	MI	1,7	1,5	1,5	1,4	0,8	0,8

Fonte: autoria própria.

Meiofauna:

Foram registrados 201 organismos meiofaunais distribuídos em 5 grupos taxonômicos em Barra do Riacho. A classe Copepoda contribuiu com 127 indivíduos, correspondendo a 63% da fauna desta praia (Figura 79).

Figura 79: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação S4-Barra do Riacho.



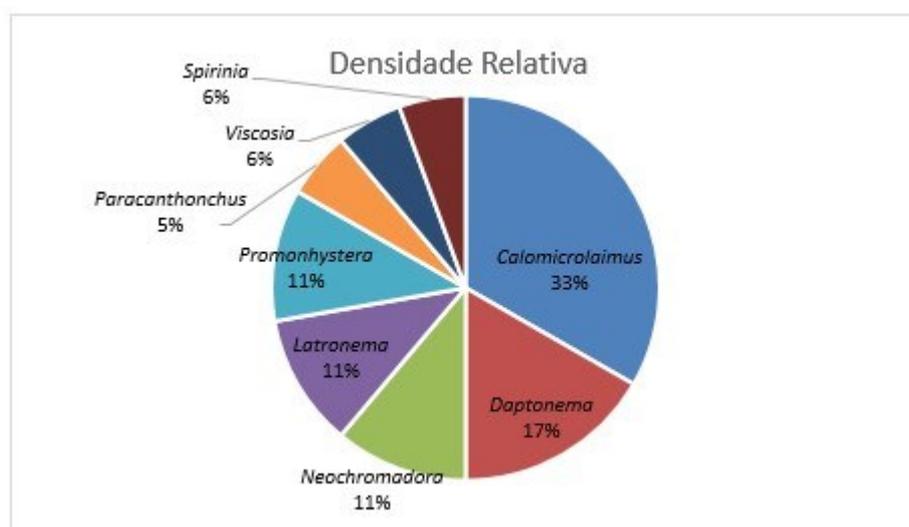
Fonte: autoria própria.

Os índices biológicos da meiofauna não variaram significativamente entre as faixas ((GL=2, n=9) S: H=0,52 p>0,05; N: H=1,41 p>0,05; H': H= 0,65 p>0,05). O mesolitoral superior foi representado pela abundância de Copepoda, correspondendo a 59,2% dos indivíduos. Contudo, os organismos do filo Nematoda foram mais abundantes no SL e no MI (66,7% dos organismos em ambas as faixas). O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 12.

Nematofauna:

Para a nematofauna foram registrados 28 organismos, distribuídos em 8 táxons. Dentre os gêneros de Nematoda identificados na campanha, *Calomicrolaimus* (33%) e *Daptonema* (17%) foram os gêneros dominantes da praia (Figura 80).

Figura 80: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação S4-Barra do Riacho.



Fonte: autoria própria.

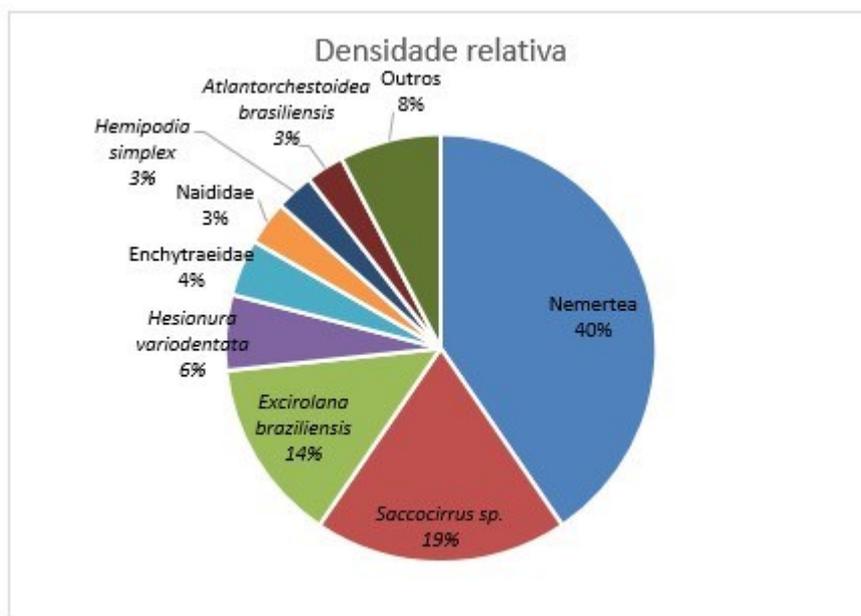
Também não houve variações significativas para os índices da nematofauna ((GL=2, n=9) S: H=1,84 p>0,05; N: H=0,47 p>0,05; H': H= 4,5 p>0,05). Entre os gêneros de Nematoda identificados, *Spirina*, *Neochromadora* e *Calomicrolaimus* foram os mais representativos nas faixas SL, MS, MI, respectivamente. O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 12.

## S5 – Comboios

Macrofauna:

Foram registrados 210 organismos distribuídos em 18 táxons e densidade média de 4957,5 ind/m<sup>3</sup>. O organismo com maior densidade média foi o *Nemertea*, com 2006,6 ind/m<sup>3</sup>, contribuindo com 40% da macrofauna bentônica de Comboios (Figura 81).

Figura 81: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S5-Comboios.



Fonte: autoria própria.

Não houve diferenças significativas dos índices da macrofauna ((GL=3, n=12) S: H=0,58 p>0,05; N: H=5,97 p>0,05; H': H= 4,13 p>0,05). Entre as faixas, o MI e SL foram representadas pelo Nemertea, contribuindo com 69% e 37%, respectivamente, dos organismos encontrados. Destaca-se ainda a dominância do isopoda *Excirolana braziliensis*, com 57% de contribuição, para a faixa do MS e o poliqueto *Saccocirrus sp.*, com 51%, para a faixa IL (Quadro 13).

Quadro 13: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S5-Comboios.

S5 - Comboios							
Componente	Zonação	Riqueza		Densidade		Diversidade	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	SL	4,7	1,5	3305,0	3542,0	1,9	0,3
	MS	4,3	3,2	4438,1	2692,5	1,5	1,1
	MI	4,3	1,5	8593,0	1277,4	1,2	0,3
	IL	4,0	0,0	3493,9	2049,3	1,7	0,3
Meiofauna	SL	3,3	2,9	17,2	15,6	0,9	0,7
	MS	3,3	1,5	9,6	5,2	1,2	0,6
	MI	3,0	1,0	5,1	5,8	1,3	0,5
	IL	3,3	0,6	2,5	1,9	1,6	0,1
Nematofauna	SL	6,0	5,3	11,9	11,3	1,3	1,1
	MS	2,3	1,2	5,9	3,0	0,6	0,6
	MI	1,0	0,0	2,3	2,1	0,0	0,0
	IL	1,0	1,0	0,4	0,4	0,3	0,6

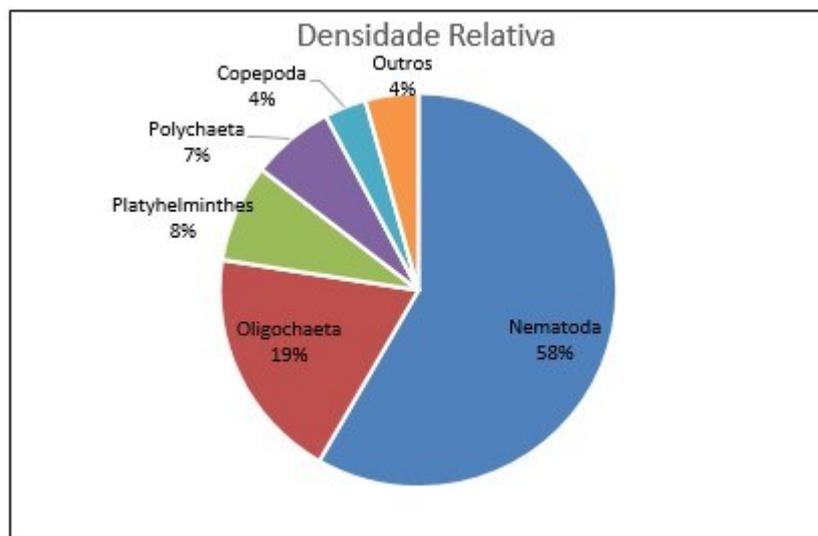
Fonte: autoria própria.

#### Meiofauna:

Foram registrados 324 organismos distribuídos em 9 grupos taxonômicos, com densidade média igual a 8,6 ind/10cm<sup>3</sup>. O organismo mais abundante foi o Nematoda (5,0 ind/m<sup>3</sup>), contribuindo com 58% da meiofauna (Figura 82). O filo Nematoda também foi o táxon que apresentou dominância na maioria das faixas da praia, exceto o IL, no qual houve maior quantidade de Copepoda (37,5% do total de organismos dessa faixa).

Também não houve diferenças significativas para os índices da meiofauna entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 1,02 p>0,05; N: H=3,46 p>0,05; H': H= 0,74 p>0,05). O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 13.

Figura 82: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna na estação S5-Comboios.

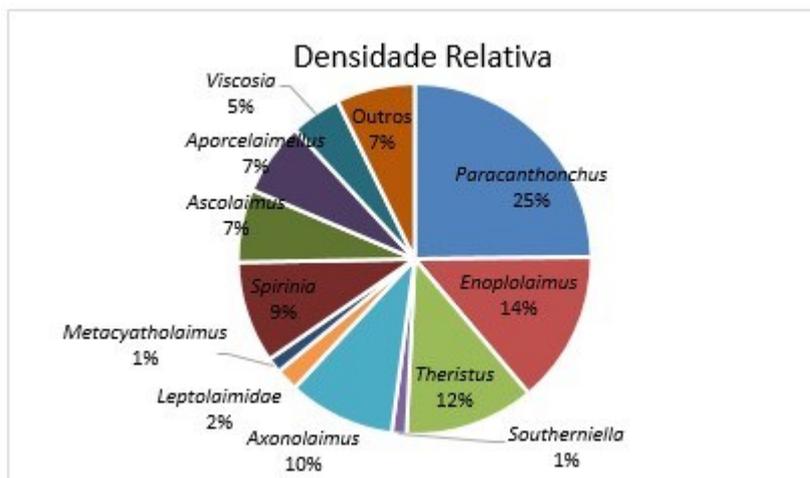


Fonte: autoria própria.

#### Nematofauna:

Foram registrados 190 organismos, distribuídos em 20 táxons com densidade média igual 5,1 ind/10cm<sup>3</sup>. Dentre os gêneros identificados, o organismo com maior densidade média foi Paracanthochus (15,33 ind/10cm<sup>3</sup>), contribuindo com 25% do total (Figura 83).

Figura 83: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna na Praia de Comboios.



Fonte: autoria própria.

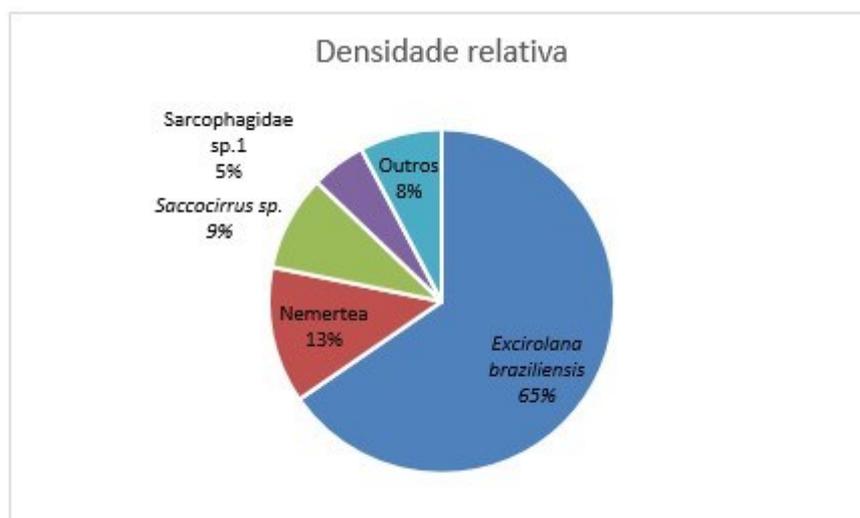
Os índices da nematofauna também não foram significativamente diferentes entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 2,51  $p>0,05$ ; N: H=4,87  $p>0,05$ ; H': H= 3,99  $p>0,05$ ). Paracanthochus foi o organismo dominante no SL, com 43% do total da nematofauna da faixa. No mesolitoral superior, os gêneros dominantes foram Enoplolaimus e Spirinia, que contribuíram juntos com 62,1% do total. Já no MI, o gênero dominante foi Axonolaimus 86,4% e, no IL, foi Ascolaimus com 75%. O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 13.

## S6 – Regência

Macrofauna:

Nas amostras da praia de Regência foram registrados 78 indivíduos, distribuídos em 8 táxons, com densidade média igual a 1841,4 ind/m<sup>3</sup>. O organismo mais abundante foi o isopoda *Excirolana braziliensis*, com densidade média de 1203,97 ind/m<sup>3</sup>, contribuindo com 65% do total dos organismos encontrados, seguido por *Nemertea* (236,07 ind/m<sup>3</sup>), com 13% (Figura 84).

Figura 84: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação S6-Regência.



Fonte: autoria própria.

Na praia de Regência, não houve variação significativa para nenhum dos índices biológicos analisados ((GL=3, n=12) S: H= 0,89 p>0,05; N: H=3,89 p>0,05; H': H= 1,56 p>0,05) (Quadro 14). No MS, houve maior abundância do isopoda *Excirrolana braziliensis* (80% dos organismos), que também foi o táxon dominante no MI. Contudo, os organismos do filo Nemertea foram mais abundantes no IL e não houve dominância de organismos no SL, visto que houve registro de um único indivíduo para os cinco táxons encontrados.

Quadro 14: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação S6-Regência.

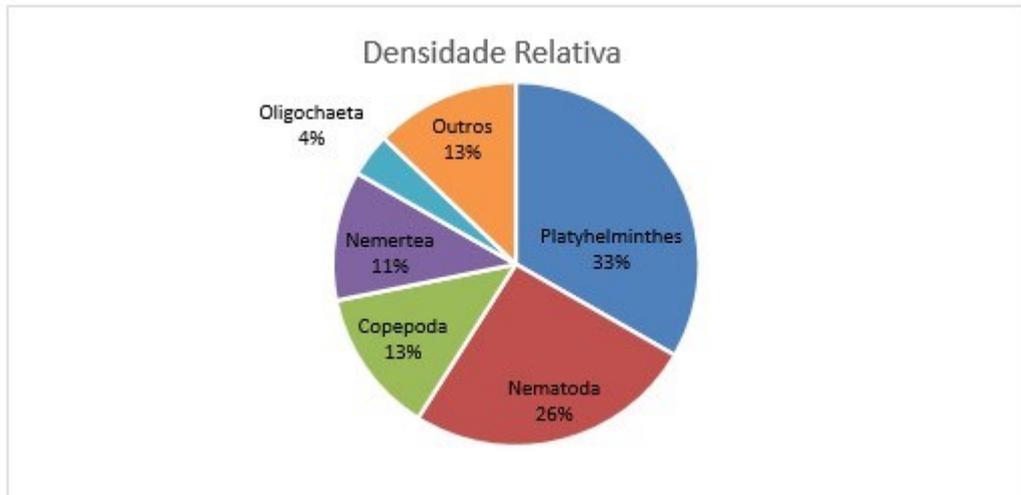
S6 - Regência							
Componente	Zonação	Riqueza		Densidade		Diversidade	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	SL	1,7	1,5	472,1	432,7	0,9	0,8
	MS	2,7	2,1	2832,9	2596,4	0,8	0,7
	MI	1,7	0,6	2549,6	1983,0	0,5	0,4
	IL	2,3	1,2	1510,9	1072,5	0,9	0,80
Meiofauna	SL	2,0	1,7	1,5	1,3	1,0	0,9
	MS	3,0	3,0	2,0	1,8	1,1	1,3
	MI	3,3	0,6	3,7	1,6	1,2	0,4
	IL	1,7	2,1	1,5	1,8	0,5	0,9
Nematofauna	SL	0,3	0,6	0,3	0,3	0,0	0,0
	MS	0,7	0,6	1,0	1,4	0,0	0,0
	MI	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0
	IL	1,7	2,9	0,7	1,3	0,8	1,3

Fonte: autoria própria.

#### Meiofauna:

Foram registrados 82 organismos (densidade média de 2,2 ind/10cm<sup>3</sup>), identificados em 14 grupos taxonômicos distintos. Houve dominância numérica do Filo Platyhelminthes, com 33% de indivíduos contabilizados na praia (densidade média 0,7 ind/10cm<sup>3</sup>), seguido por Nematoda, com 26% (densidade média de 0,5 ind/10cm<sup>3</sup>) (Figura 85).

Figura 85: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação S6-Regência.



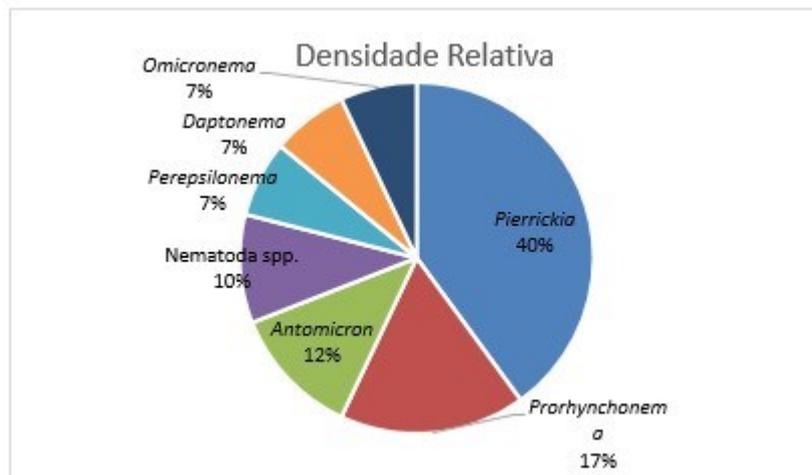
Fonte: autoria própria.

A meiofauna também apresentou índices similares entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 0,13 p>0,05; N: H=1,34 p>0,05; H': H= 1,33 p>0,05). O MI foi caracterizado por Platyhelminthes, com 62,9% da meiofauna (2,3 ind/10cm<sup>3</sup>). Nematoda dominou numericamente o SL e IL e o filo Copepoda foi o mais representativo no Supralitoral. O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 14.

Nematofauna:

Para a Nematofauna foram quantificados 20 organismos, dos quais foi possível a identificação de 7 gêneros, com densidade média de 0,5 ind/10cm<sup>3</sup>. Dentre os gêneros identificados, *Pierrickia* foi o gênero dominante na praia de Regência, contribuindo com 40% e dos organismos identificados (Figura 86).

Figura 86: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação S6-Regência.



Fonte: autoria própria.

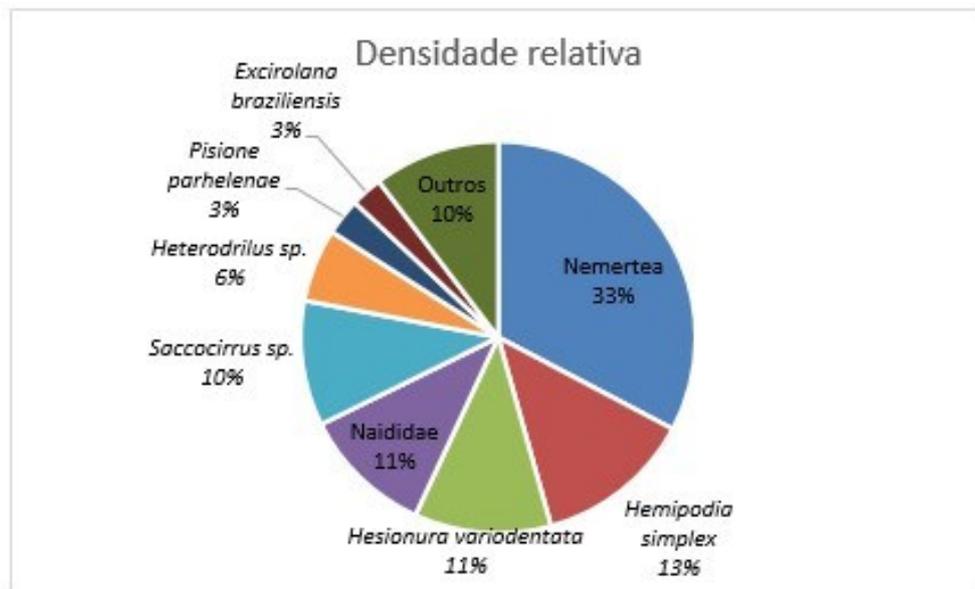
Referente à distribuição nas faixas, também não houve variações significativas para os índices biológicos ((GL=3, n=12) S: H= 2,35 p>0,05; N: H=1,26 p>0,05; H': H= 3 p>0,05). *Prorhynchonema* foi mais abundante no SL (67,7%), *Pierrickia* foi mais representativo no MS (89%). No IL, cinco táxons tiveram apenas um indivíduo registrados. O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 14.

## N1 – Povoação

Macrofauna:

Foram registrados 232 organismos, distribuídos em 17 táxons, com densidade média igual a 7302,5 ind/10cm<sup>3</sup>. O filo Nemertea apresentou-se em maior densidade média com 2392,1 ind/10cm<sup>3</sup>, contribuindo com 33% de toda a fauna (Figura 87).

Figura 87: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação N1-Povoação.



Fonte: autoria própria.

Nessa praia também não foi observada a faixa SL, desta forma a mesma não foi amostrada. Para as demais faixas, os índices biológicos foram estatisticamente semelhantes ((GL=2, n=9) S: H= 0,3 p>0,05; N: H=1,41 p>0,05; H': H= 2,4 p>0,05) (Quadro 15). O táxon *Nemertea* contribuiu com 48% dos organismos da fauna no IL e 37% no MI. Destaca-se ainda que a faixa do MS foi dominado por oligoquetas *Naididae* e *Heterodrilus* e pelo poliqueta *Hemipodia simplex*, que contribuíram juntos com 75% do total de organismos.

Quadro 15: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação N1-Povoação.

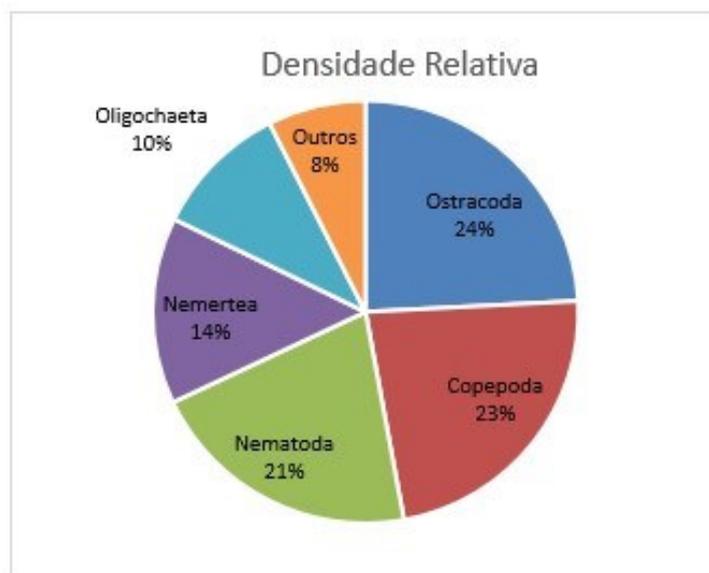
N1 - Povoação							
Componente	Zonação	Riqueza		Densidade		Diversidade	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	MS	5,30	0,6	6421,2	3740,4	2,1	0
	MI	5,7	1,5	4154,9	3107,6	2,1	0,3
	IL	5,3	2,3	11331,4	10887,2	1,9	0,1
Meiofauna	MS	5,3	2,1	30,5	24,4	1,8	0,7
	MI	3,7	1,5	16,1	6,1	1,6	0,6
	IL	4,3	0,6	4,8	3,8	1,8	0,3
Nematofauna	MS	2,0	2,0	4,2	4,3	0,9	0,8
	MI	2,7	0,6	5,6	2,4	0,9	0,5
	IL	1,0	1,0	0,8	1,2	0,3	0,6

Fonte: autoria própria.

Meiofauna:

Foram registrados 484 organismos distribuídos em 10 táxons, com densidade média de 17,1 ind/10cm<sup>3</sup>. Os táxons mais representativos foram Ostracoda, Copepoda e Nematoda (Figura 88).

Figura 88: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N1-Povoação.



Fonte: autoria própria.

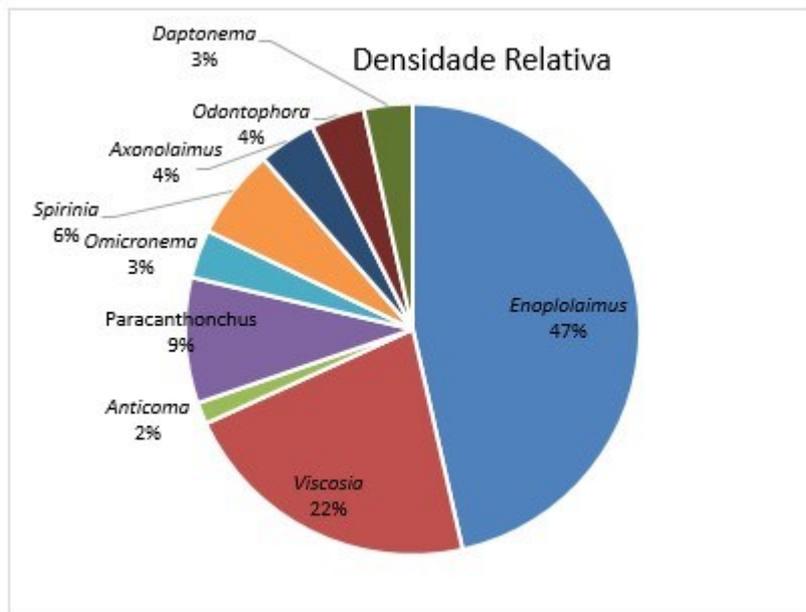
Para esse componente, também não houve variações dos índices biológicos entre as faixas ((GL=2, n=9) S: H= 2,88 p>0,05; N: H=2,76 p>0,05; H': H= 2,49 p>0,05). No MS, os crustáceos Ostracoda e Copepoda foram os maiores contribuintes na densidade (juntos foram 58%). As faixas MI e IL não apresentaram uma clara dominância de organismos, no entanto, Nematoda foram os mais abundantes

no MI e Polychaeta os mais abundantes no IL. O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 15.

Nematofauna:

Foram registrados 101 organismos distribuídos em 9 táxons, com densidade média de 3,6 ind/10cm<sup>3</sup>. Dentre os gêneros identificados, o organismo com maior densidade média foi *Enoplolaimus* (1,7 ind/10cm<sup>3</sup>), contribuindo com 54% do total (Figura 89).

Figura 89: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N1-Povoação.



Fonte: autoria própria.

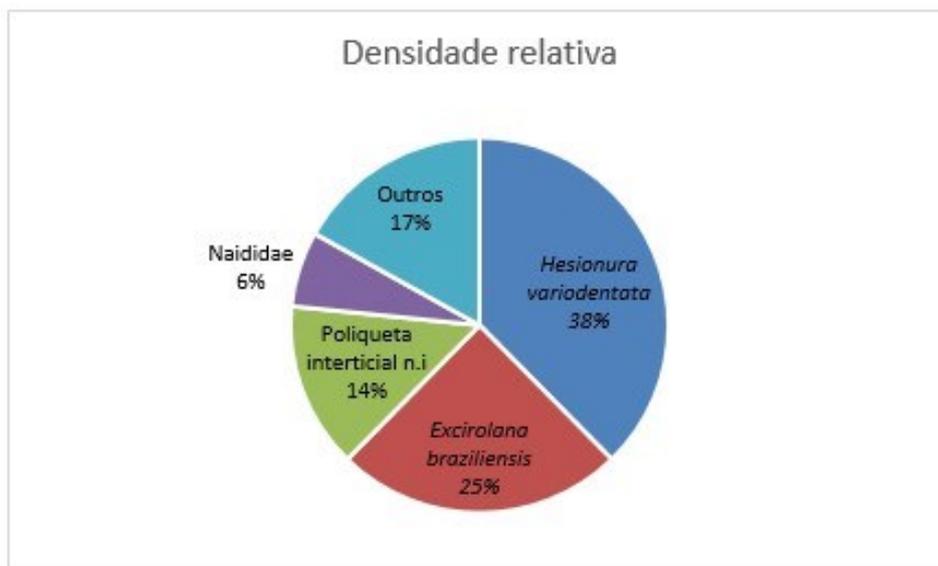
Novamente, não houve variações significativas dos índices entre as faixas ((GL=2, n=9) S: H= 2,59 p>0,05; N: H=3,15 p>0,05; H': H= 2,25 p>0,05). O gênero *Enoplolaimus* apresentou maior dominância nas faixas MS (38,6%) e MI (57,6%) e o gênero *Daptonema* no IL (43,8%). O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 15.

## N2 – Degredo

Macrofauna:

Na praia de Degredo foram registrados 77 organismos, distribuídos em 12 táxons, com densidade média igual a 1817,8 ind/m<sup>3</sup>. O organismo mais abundante foi o poliqueta *Hesionura variodentata*, com densidade média de 684,61 ind/m<sup>3</sup>, contribuindo com 38% do total dos organismos encontrados, seguido por *Excirolana braziliensis*, com densidade média de 448,54 ind/m<sup>3</sup>, correspondendo à 25% dos organismos identificados (Figura 90).

Figura 90: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna na estação N2- Degredo.



Fonte: autoria própria.

Os índices biológicos não variaram entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 4,65 p>0,05; N: H=5,3 p>0,05; H': H= 3,77 p>0,05) (Quadro 16). Na faixa MI, o poliqueta *Hesionura variodentata* foi o táxon dominante, com 41,4% da macrofauna. Esse mesmo poliqueta também foi o mais abundante no IL (85%). O MS foi representado pelo isopoda *Excirrolana braziliensis* (72%), enquanto que no SL, houve apenas dois táxons (oligoqueta c.f. *Ainudrilus* e *Copepoda*), ambos com baixa densidade.

Quadro 16: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a a estação N2-Degredo.

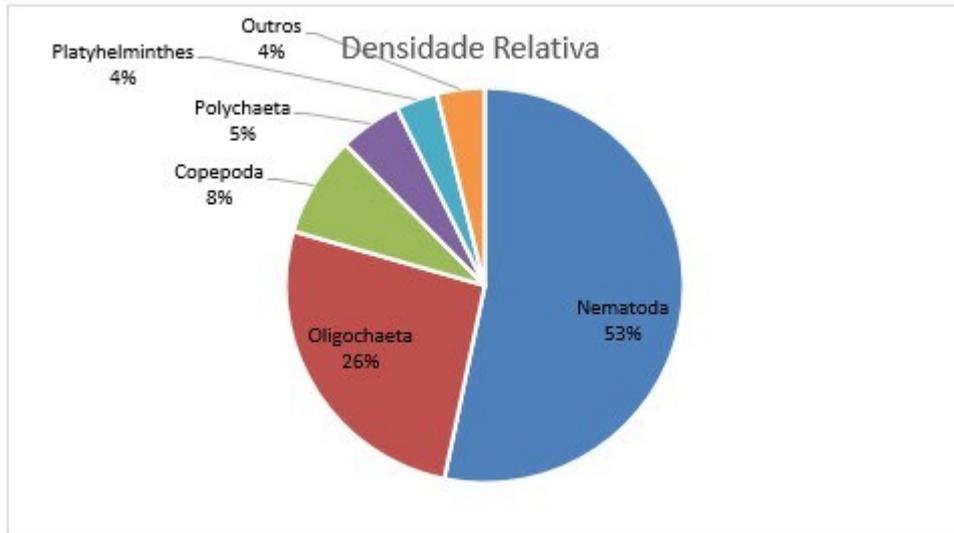
N2 - Degredo							
Componente	Zonação	Riqueza		Densidade		Diversidade	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	SL	0,7	1,2	283,3	490,7	0,3	0,5
	MS	2,7	0,6	2360,7	994,9	1,0	0,5
	MI	2,0	1,7	2738,4	2780,4	0,4	0,7
	IL	1,0	1,0	1888,6	2794,8	0,1	0,2
Meiofauna	SL	3,3	0,6	4,6	2,7	1,4	0,3
	MS	4,3	0,6	17,6	10,5	1,4	0,6
	MI	4,3	0,6	11,7	8,6	1,1	0,7
	IL	3,0	1,0	10,0	7,5	0,9	0,2
Nematofauna	SL	0,3	0,6	1,1	0,8	0,0	0,0
	MS	3,0	2,0	5,1	5,3	0,9	0,8
	MI	4,3	1,4	5,3	4,6	1,7	0,5
	IL	4,3	1,5	7,6	5,7	1,7	0,6

Fonte: autoria própria.

#### Meiofauna:

Foram encontrados 413 organismos (densidade média de 11,0 ind/cm<sup>3</sup>, distribuídos em 7 táxons. O Filo Nematoda dominou a meiofauna, com 53% de indivíduos contabilizados na praia (densidade média igual a 5,8 ind/10cm<sup>3</sup>), seguido por Oligochaeta, com 26% (Figura 91).

Figura 91: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N2-Degredo.



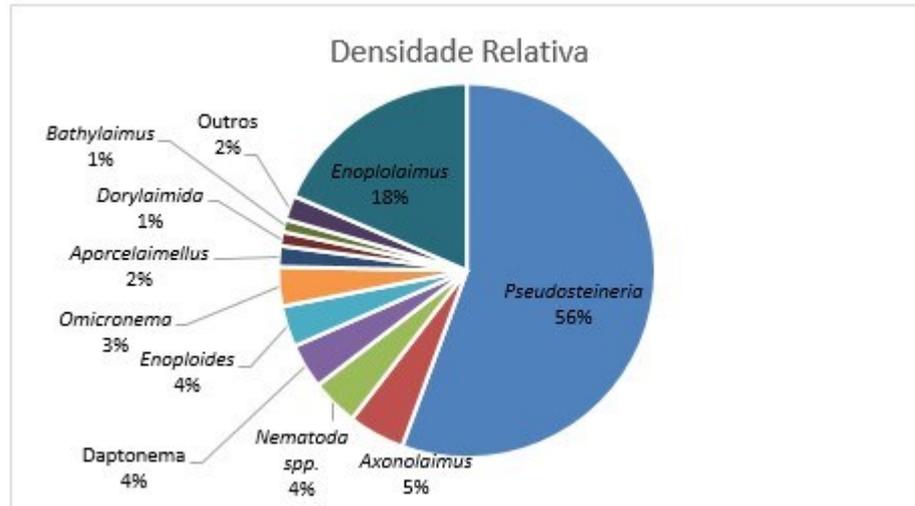
Fonte: autoria própria.

Não houve variações significativas dos índices da meiofauna ((GL=3, n=12) S: H= 1 p>0,05; N: H=4,13 p>0,05; H': H= 1,31 p>0,05). Os Oligochaeta foram mais representativos no MS e SL, com 47% e 53,5%, respectivamente, enquanto que os Nematoda foram mais abundantes do IL e MI (83,6% e 74,5%, respectivamente). O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 16.

#### Nematofauna:

Para a Nematofauna foram quantificados 222 organismos, distribuídos em 14 táxons, com densidade média de 5,9 ind/10cm<sup>3</sup>. Considerando o total de amostras, o gênero Pseudosteineria foi o mais abundante (39,3 in/10cm<sup>3</sup>), correspondendo à 60% dos organismos identificados (Figura 92).

Figura 92: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N2-Degredo.



Fonte: autoria própria.

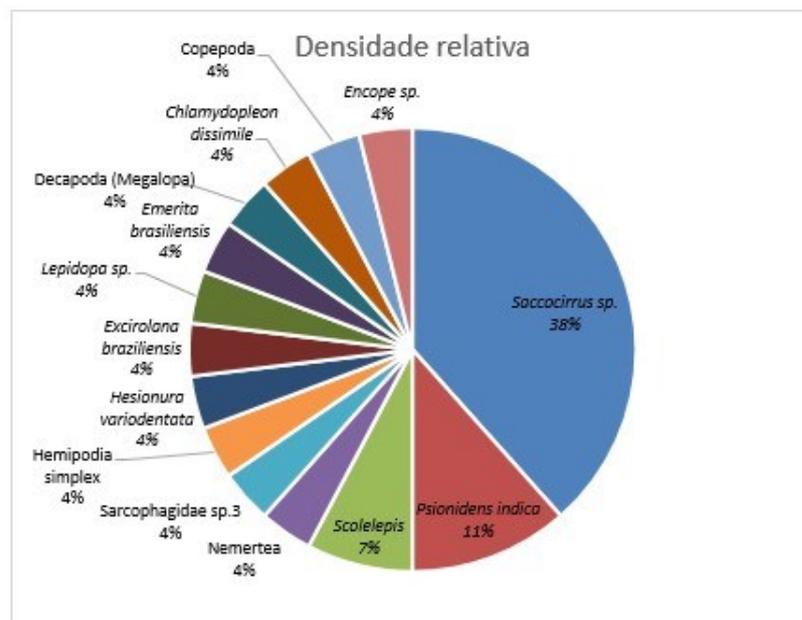
Também não houve variações dos índices entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 6,69 p>0,05; N: H=3,92 p>0,05; H': H= 5,7 p>0,05). No que se refere à distribuição dos táxons nas faixas, *Pseudosteineria* foi o mais abundante nas faixas MS, IL e MI, com 57,4 %, 66,3% e 48,4%, respectivamente. O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 16.

### N3 – Pontal do Ipiranga

Macrofauna:

Foram registrados 26 organismos distribuídos em 14 táxons, com densidade média igual a 613,8 ind/m<sup>3</sup>. O táxon *Saccocirrus* sp. apresentou-se em maior densidade média com 236 ind/10cm<sup>3</sup>, contribuindo com 38% de toda a macrofauna dessa praia (Figura 93).

Figura 93: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação N3-Pontal do Ipiranga.



Fonte: autoria própria.

Os índices biológicos da macrofauna foram similares entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 4,65 p>0,05; N: H=5,51 p>0,05; H': H= 3,78 p>0,05) (Quadro 17). Os poliquetas foram os mais representativos em todas as faixas. No MI, o táxon mais abundante foi o *Saccocirrus* sp., representando 60% dos organismos e no SL houve o registro de apenas um indivíduo, também *Saccocirrus* sp. No MS, 60% da macrofauna eram *Scolecopsis* sp. e, no IL *Psionidens* indica e *Saccocirrus* sp. contribuíram juntos com 50%.

Quadro 17: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a a estação N3- Pontal do Ipiranga.

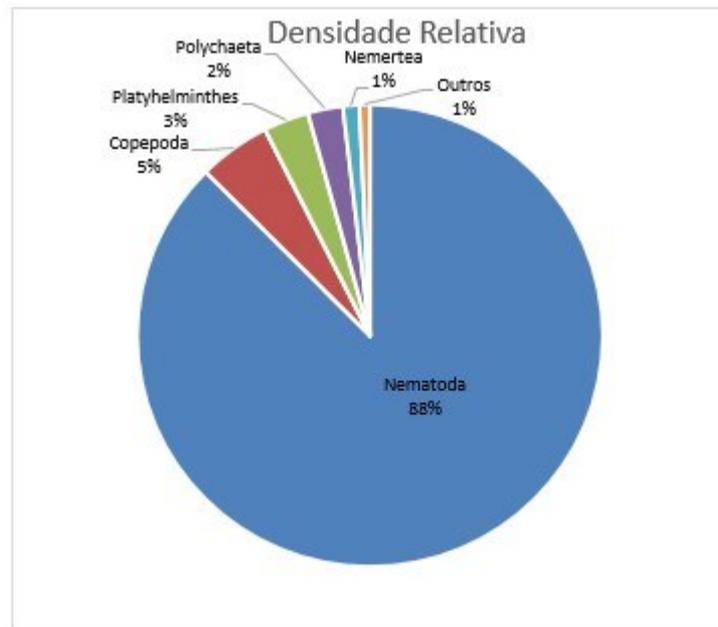
N3 - Pontal do Ipiranga							
Componente	Zonação	Riqueza		Densidade		Diversidade	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	SL	0,7	0,6	188,9	163,6	0,0	0,0
	MS	2,0	1,7	566,6	490,7	0,7	1,2
	MI	2,0	0,0	944,3	654,2	0,9	0,2
	IL	2,0	1,0	755,4	589,7	0,8	0,8
Meiofauna	SL	1,3	0,6	1,7	1,1	0,2	0,3
	MS	3,7	2,1	17,3	15,9	0,7	0,4
	MI	4,0	1,0	30,1	14,8	0,7	0,4
	IL	3,7	0,6	24,9	17,9	0,8	0,3
Nematofauna	SL	1,3	1,2	1,6	1,0	0,7	0,6
	MS	4,7	1,5	15,2	14,6	1,8	0,4
	MI	4,7	1,2	26,3	15,0	0,7	0,5
	IL	7,7	1,2	21,5	16,5	2,5	0,8

Fonte: autoria própria.

#### Meiofauna:

Foram registrados 698 organismos na meiofauna, distribuídos em 7 táxons, com densidade média de 18,5 ind/10cm<sup>3</sup>. O organismo com maior densidade média foi o Nematoda, com 16,2 ind/10cm<sup>3</sup>, contribuindo com 88% da meiofauna (Figura 94).

Figura 94: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N3-Pontal do Ipiranga.



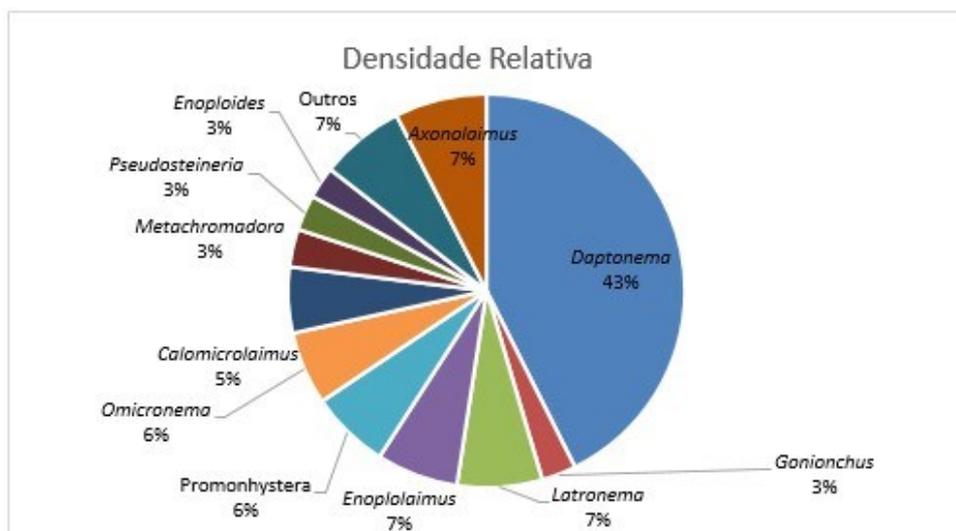
Fonte: autoria própria.

Entre as faixas, não houve variação significativa dos índices analisados ((GL=3, n=12) S: H= 2,88 p>0,05; N: H=1,05 p>0,05; H': H= 4,49 p>0,05). O táxon Nematoda foi o mais abundante em todas as faixas amostradas, com mais de 85% de contribuição. O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 17.

#### Nematofauna:

Foram registrados 609 organismos distribuídos em 22 táxons, com densidade média 16,2 ind/10cm<sup>3</sup>. Dentre os gêneros identificados, o organismo com maior densidade média foi *Daptonema* (9,1 ind/10cm<sup>3</sup>), contribuindo com 54% do total (Figura 95).

Figura 95: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N3-Pontal do Ipiranga.



Fonte: autoria própria.

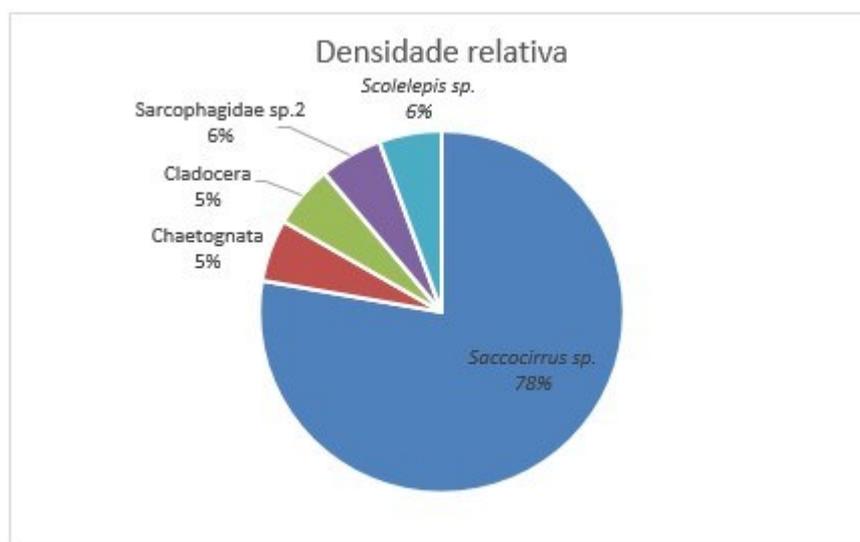
Para os índices biológicos da nematofauna, houve variabilidade significativa da riqueza e diversidade entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 9,47 p<0,05; H': H= 8,31 p<0,05), com o SL apresentando menores valores que o IL. A densidade, apesar de não ter diferença significativa (p=0,057), merece atenção. O MI apresentou a maior densidade de organismos (26,3 ind/10cm<sup>3</sup>), devido a abundância de *Daptonema* (23,8 ind/10cm<sup>3</sup>), que contribuiu com 90,3% da nematofauna da faixa, enquanto que no SL houve uma densidade média de apenas 1,6 ind/10cm<sup>3</sup>. As demais faixas não apresentaram uma clara dominância de organismos. O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 17.

#### N4 – Barra Nova

Macrofauna:

Na praia de Barra Nova foram registrados apenas 18 organismos, distribuídos em 5 táxons, com densidade média igual a 424,9 ind/m<sup>3</sup>. O poliqueta *Saccocirrus* sp. foi o mais abundante, com densidade média de 330,5 ind/m<sup>3</sup>, contribuindo com 77,8% do total dos organismos encontrados (Figura 96).

Figura 96: : Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação N4-Barra Nova.



Fonte: autoria própria.

No que se refere às faixas, foram registrados valores semelhantes para os índices biológicos ((GL=3, n=12) S: H= 5,3 p>0,05; N: H=6,77 p>0,05; H': H= 2,21 p>0,05) (Quadro 18). No MI, o poliqueta *Saccocirrus* sp. foi o táxon mais abundante (93,3%). No MS foi encontrado apenas dois táxons (Cladocera e o poliqueta *Scolelepis* sp.) com apenas um organismo registrado em cada um. O SL teve apenas um indivíduo da família Sarcophagidae e o IL não apresentou nenhum organismo.

Quadro 18: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H'log<sup>2</sup>) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a a estação N4-Barra Nova.

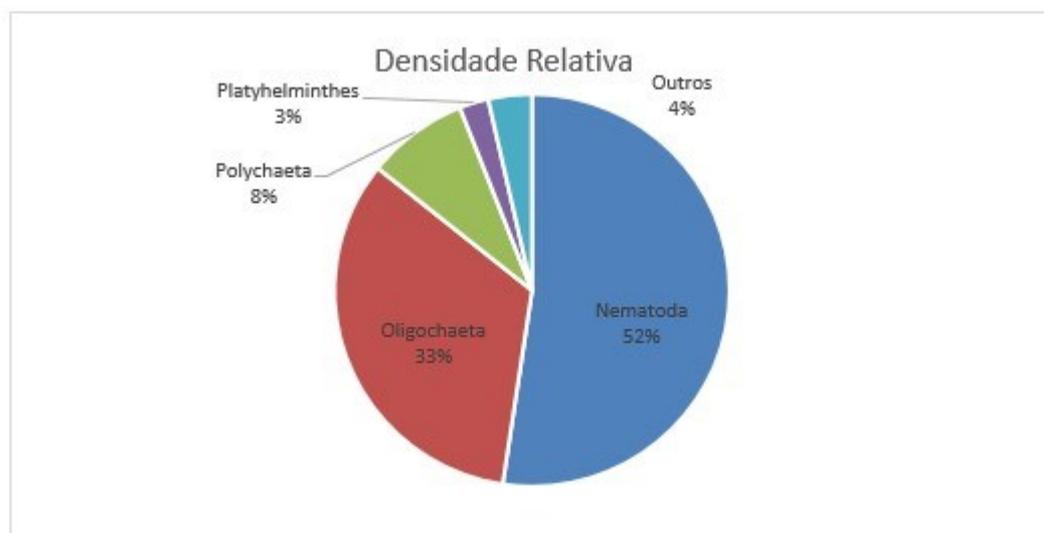
N4 - Barra Nova							
Componente	Zonação	Riqueza		Densidade		Diversidade	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	SL	0,3	0,6	94,4	163,6	0,0	0,0
	MS	0,7	1,2	188,9	327,1	0,3	0,6
	MI	1,3	0,6	1416,4	1298,2	0,2	0,3
	IL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Meiofauna	SL	2,0	1,0	1,8	1,3	0,7	0,6
	MS	2,3	1,2	4,2	5,2	0,9	0,8
	MI	2,0	1,0	1,5	1,0	0,7	0,7
	IL	1,3	0,6	1,4	1,6	0,3	0,5
Nematofauna	SL	1,0	1,0	1,0	0,8	0,3	0,6
	MS	2,0	1,7	2,4	2,9	0,5	1,0
	MI	2,0	1,0	0,8	0,7	0,8	0,8
	IL	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	0,6

Fonte: autoria própria.

Meiofauna:

Foram encontrados 84 organismos (densidade média de 2,2 ind/cm<sup>3</sup>), distribuídos em 7 táxons. O Filo Nematoda foi o mais representativo, com 52% de indivíduos (média de 1,2 ind/10cm<sup>3</sup>), seguido por Oligochaeta, com 33% (média de 0,7 ind/10cm<sup>3</sup>) (Figura 97).

Figura 97: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N4-Barra Nova.



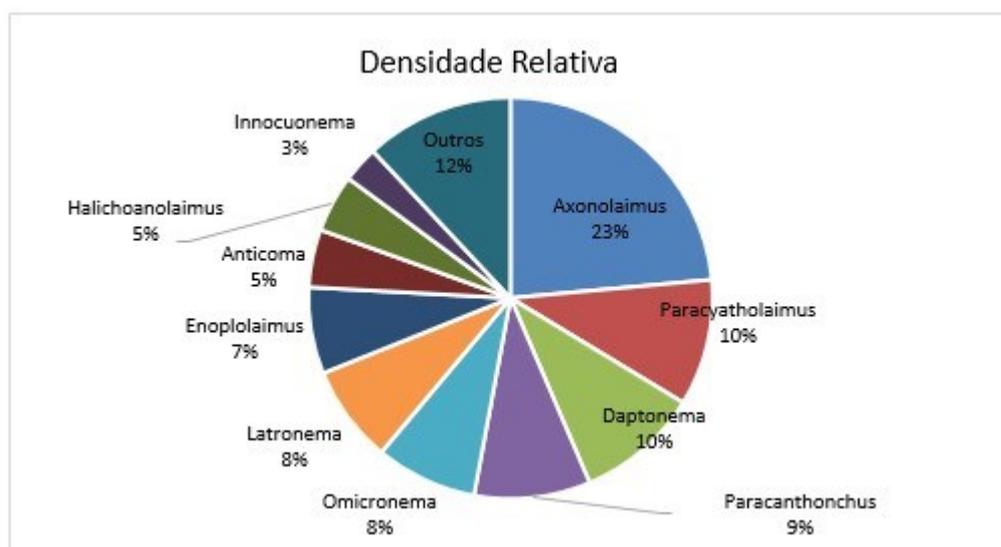
Fonte: autoria própria.

Os índices biológicos não foram significativamente diferentes entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 6,08  $p>0,05$ ; N: H=6,99  $p>0,05$ ; H': H= 6,2  $p>0,05$ ) Os Nematoda foram os mais representativos nas faixas MS, MI e SL, com 57,5%, 57,1% e 52,9% respectivamente. No IL, os Oligochaeta corresponderam à 53,8% da meiofauna. O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 18.

Nematofauna:

Para a Nematofauna foram identificados 43 organismos, distribuídos em 15 táxons, com densidade média de 1,1 ind/10cm<sup>3</sup>. Considerando o total de amostras, *Axonolaimus* foi o gênero mais abundante, correspondendo à 26% dos organismos identificados, seguido por *Paracyatholaimus*, com 11% (Figura 98).

Figura 98: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N4-Barra Nova.



Fonte: autoria própria.

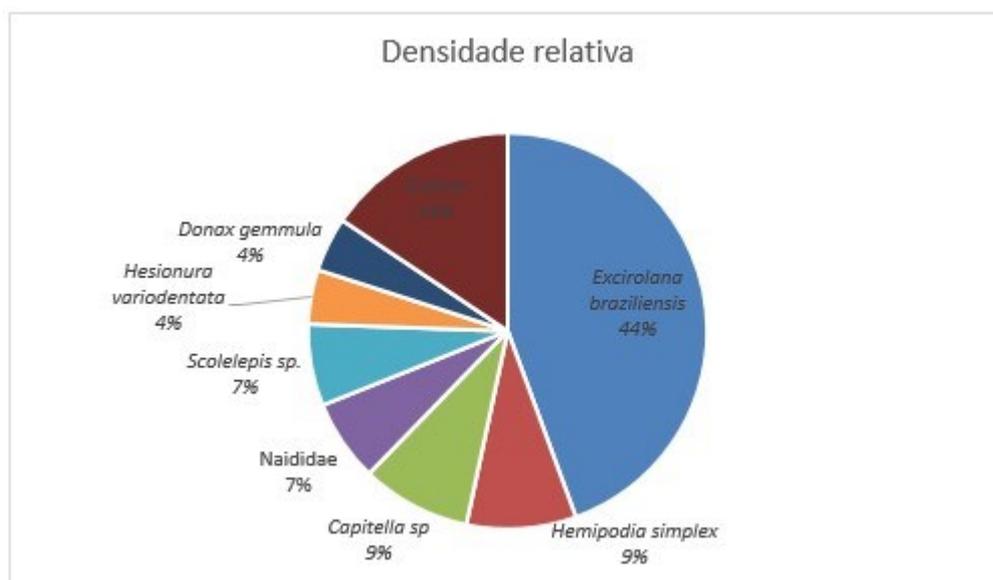
Também não houve variações significativas dos índices entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 1,92  $p>0,05$ ; N: H=3,93  $p>0,05$ ; H': H= 1,07  $p>0,05$ ). Dentre os Nematoda identificados, no MS, o Axolaimus foi o mais abundante com 44,0%. No MI, Omicronema foi mais abundante com 31,3%. Na faixa SL, o Paracanthonchus apresenta 33,3% e, por fim, no IL, os 3 táxons identificados (Paracanthonchus, Omicronema e Aporcelaimellus) possuíram a mesma porcentagem de contribuição (33,3%). O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 18.

## N5-Guriri

Macrofauna:

Foram registrados 45 organismos distribuídos em 14 táxons, com densidade média de 1062,3 ind/m<sup>3</sup>. O táxon *Excirolana braziliensis* apresentou-se em maior densidade média com 472,1 ind/m<sup>3</sup>, contribuindo com 44% de toda a macrofauna dessa praia (Figura 99).

Figura 99: Densidade relativa (%) dos táxons da macrofauna para a estação N5-Guriri.



Fonte: autoria própria.

Os índices da macrofauna não variaram significativamente entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 4,65  $p>0,05$ ; N: H=5,82  $p>0,05$ ; H': H= 1,28  $p>0,05$ ). Destaca-se ainda a maior quantidade do crustáceo *E. braziliensis* (74%) no MS, do poliqueta *H. simplex* (43%) no MI e do *Capitella sp.* no IL (37%). Na faixa do SL não foram registrados organismos.

Quadro 19: Resultado dos índices de riqueza (S), densidade (macrofauna=ind/m<sup>3</sup>, meiofauna e nematofauna= ind/10cm<sup>3</sup>) e diversidade (H' $\log^2$ ) para macrofauna, meiofauna e nematofauna entre as zonas para a estação N5- Guriri.

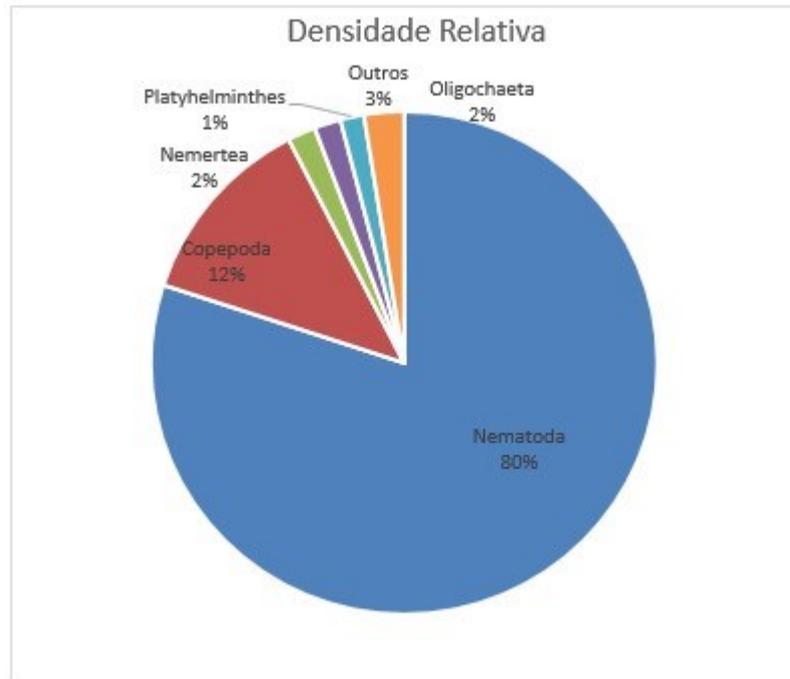
N5 - Guriri							
Componente	Zonação	Riqueza		Densidade		Diversidade	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Macrofauna	SL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	MS	2,0	1,7	2549,6	2042,8	0,6	1,1
	MI	1,3	1,5	661,0	589,7	0,5	0,9
	IL	2,0	2,6	1038,7	1560,2	0,7	1,2
Meiofauna	SL	1,3	0,6	1,1	0,8	0,3	0,5
	MS	3,7	1,5	19,1	6,3	0,9	0,5
	MI	3,3	0,6	55,5	46,6	1,0	0,4
	IL	2,7	1,5	36,9	27,3	0,5	0,5
Nematofauna	SL	1,0	1,7	0,8	0,5	0,5	0,9
	MS	7,3	5,1	15,2	8,6	1,8	1,0
	MI	10,7	2,5	43,5	35,3	2,4	0,6
	IL	12,0	5,2	30,6	22,2	2,6	0,4

Fonte: autoria própria.

**Meiofauna:**

Foram registrados 1061 organismos, distribuídos em 11 táxons, com densidade média de 28,1 ind/10cm<sup>3</sup>. O organismo com maior densidade média foi o Nematoda com 22,5 ind/10cm<sup>3</sup>, contribuindo com 80% da meiofauna (Figura 100).

Figura 100: Densidade relativa (%) dos táxons da meiofauna para a estação N5-Guriri.



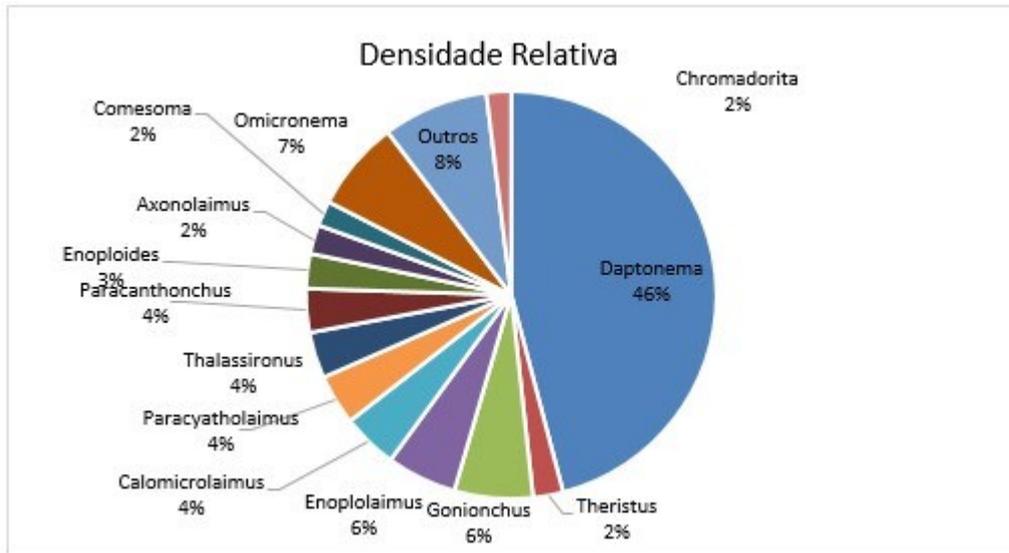
Fonte: autoria própria.

Também não houve diferenças significativas dos índices entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 1,3 p>0,05; N: H=0,74 p>0,05; H': H= 2,31 p>0,05). O táxon Nematoda dominou com mais de 78% em todas as faixas amostradas. O detalhamento dos índices ecológicos da meiofauna está descrito no Quadro 19.

**Nematofauna:**

Foram registrados 849 organismos distribuídos em 32 táxons, com densidade média de 22,5 ind/10cm<sup>3</sup>. Dentre os gêneros identificados, o organismo com maior densidade média foi Daptonema (124,1 ind/10cm<sup>3</sup>), contribuindo com 46% do total (Figura 101).

Figura 101: Densidade relativa (%) dos táxons da nematofauna para a estação N5-Guriri.



Fonte: autoria própria.

Pra esse componente também não houve variações significativas dos índices entre as faixas ((GL=3, n=12) S: H= 7,2 p>0,05; N: H=6,69 p>0,05; H': H=5,38 p>0,05). A faixa MS foi dominada pelos gêneros *Enoplolaimus*, *Daptonema* e *Paracyatholaimus* que, juntos, representaram 63,7% da nematofauna. Já as faixas MI e IL foram dominadas pelo gênero *Daptonema*, com 57% e 34,4% respectivamente. O detalhamento dos índices ecológicos da nematofauna está descrito no Quadro 19.