
CAPÍTULO VII.8

TUBARÃO (TB)

CONTROLE DE REVISÕES – BR 2400.0051803.09.2

| REV. | DESCRIÇÃO | DATA |
|------|---|----------|
| 01 | No item VII.8.1.3.4 foram inseridas algumas referências esclarecendo as razões C/N e C/P | 17/07/12 |
| 01 | No item VII.8.2.1 foi inserida uma comparação dos resultados de HPA com outras referências | 17/07/12 |
| 01 | Na tabela VII.8.2.1-1 foi realizada uma revisão nos resultados de HPA's | 17/07/12 |
| 01 | Na tabela VII.8.2.2-1 foi realizada uma revisão nos resultados dos Hidrocarbonetos Alifáticos | 17/07/12 |
| 01 | No item VII.8.2.2 foram inseridas algumas referências esclarecendo o índice de preferência de carbono (IPC) e as razões Pristano/Fitano | 17/07/12 |
| 01 | No item VII.8.3 foi inserida uma referência esclarecendo a biodisponibilidade dos metais no sedimento | 17/07/12 |
| 01 | Na tabela VII.8.3-1 foi realizada uma revisão nos valores dos metais | 17/07/12 |
| 01 | Na tabela VII.8.3.3-1 foi realizada uma revisão nos valores do mercúrio | 17/07/12 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

| | Original | Rev. 01 | Rev. 02 | Rev. 03 | Rev. 04 | Rev. 05 | Rev. 06 | Rev. 07 | Rev. 08 |
|-------------|-------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Data | 06/03/12 | 17/07/12 | | | | | | | |
| Elaboração | Mário X. | Mário X. | | | | | | | |
| Verificação | Cristina F. | Cristina F. | | | | | | | |
| Aprovação | Mário X. | Mário X. | | | | | | | |

| | |
|---|-----|
| VII.8.4.6 - Densidade e Índices Ecológicos (2 - 5 cm) e Comparação com RN-BS..... | 78 |
| VII.8.4.7 - Composição taxonômica (5 - 10 cm) e Comparação com RN-BS..... | 93 |
| VII.8.4.8 - Densidade e Índices Ecológicos (5 - 10 cm) e Comparação com RS-BS..... | 96 |
| VII.8.4.9 - Comparação entre Estratos..... | 110 |
| VII.8.4.9.1 - Composição Taxonômica..... | 110 |
| VII.8.4.9.2 - Densidade e Índices Biológicos..... | 117 |
| VII.8.5 - Integração dos dados bióticos e abióticos e comparação entre Tubarão e RS-BS..... | 126 |
| VII.8.5.1 - Dados Físico-Químicos e Índices Bentônicos..... | 127 |
| VII.8.5.2 - Teores de Contaminantes no estrato de 0 - 2 cm e Índices Biológicos..... | 130 |
| VII.8.5.3 - Comunidades bentônicas..... | 133 |
| VII.8.6 - Resultados relevantes..... | 138 |
| VII.8.7 - Anexos..... | 141 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura VII.8.1.1-1 - Ordenação resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade granulométrica entre estações. Distância Euclidiana. O tamanho dos círculos representa o valor relativo de cada variável – Tubarão. | 4 |
| Figura VII.8.1.1-2 - Dendrograma representativo da similaridade granulométrica entre Tubarão e RS-BS. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. | 5 |
| Figura VII.8.1.3.4-1 - Perfil de distribuição dos parâmetros sedimentológicos nos sedimentos da área de Tubarão - Bacia de Santos. | 26 |
| Figura VII.8.4.2-1 - Número cumulativo de táxons plotado contra área amostrada. Tubarão. | 57 |
| Figura VII.8.4.3-1 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre estações. Índice de Sorensen – grupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm. | 60 |
| Figura VII.8.4.3-2 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre Tubarão e RS-BS. Índice de Sorensen – grupamento pela média. Estrato de 0 - 2 cm. | 61 |
| Figura VII.8.4.4-1 - Densidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).Tubarão – estrato de 0 - 2 cm. | 63 |
| Figura VII.8.4.4-2 - Riqueza média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).Tubarão – estrato de 0 - 2 cm. | 64 |
| Figura VII.8.4.4-3 - Equitabilidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).Tubarão – estrato de 0 - 2 cm. | 64 |
| Figura VII.8.4.4-4 - Diversidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).Tubarão – estrato de 0 - 2 cm. | 65 |
| Figura VII.8.4.4-5 - Dominância média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 0 - 2 cm. | 65 |
| Figura VII.8.4.4-6 - Valores médios de riqueza (d), equitabilidade (J), diversidade ($H' = \log_2$), Dominância ($1 - \lambda$), densidade (ind.m^{-2}) e respectivas barras de desvio padrão (\pm). Tubarão e RS-BS – estrato de 0 - 2 cm. | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura VII.8.4.4-7 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm... | 67 |
| Figura VII.8.4.4-8 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações de Tubarão e RS-BS. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. Estrato de 0 - 2 cm..... | 68 |
| Figura VII.8.4.4-9 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações para Mollusca. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm..... | 69 |
| Figura VII.8.4.4-10 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Mollusca entre Tubarão e RS-BS – estrato de 0 - 2 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. | 70 |
| Figura VII.8.4.4-11 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações para Polychaeta. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm..... | 71 |
| Figura VII.8.4.4-12 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Polychaeta entre Tubarão e RS-BS – estrato de 0 - 2 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. | 72 |
| Figura VII.8.4.4-13 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações para Crustacea. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm..... | 72 |
| Figura VII.8.4.4-14 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Crustacea entre Tubarão e RS-BS – estrato de 0 - 2 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. | 73 |
| Figura VII.8.4.4-15 - Ordenação resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade granulométrica entre estações em Tubarão – estrato de 0 - 2 cm. Índice de Bray-Curtis. O tamanho dos círculos representa o valor relativo de cada variável. | 74 |
| Figura VII.8.4.5-1 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre estações. Índice de Sorensen, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm..... | 77 |

| | |
|--|----|
| Figura VII.8.4.5-2 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre Tubarão e RS-BS. Índice de Sorensen – grupamento pela média. Estrato de 2 - 5 cm. | 77 |
| Figura VII.8.4.6-1 - Densidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).Tubarão – estrato de 2 - 5 cm..... | 80 |
| Figura VII.8.4.6-2 - Riqueza média (d) e barra de desvio padrão (\pm).Tubarão – estrato de 2 - 5 cm. | 80 |
| Figura VII.8.4.6-3 - Equitabilidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).Tubarão – estrato de 2 - 5 cm..... | 81 |
| Figura VII.8.4.6-4 - Diversidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).Tubarão – estrato de 2 - 5 cm..... | 81 |
| Figura VII.8.4.6-5 - Dominância média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 2-5 cm. | 82 |
| Figura VII.8.4.6-6 - Valores médios de riqueza (d), equitabilidade (J), diversidade ($H' = \log_2$), Dominância ($1 - \lambda$), densidade (ind.m^{-2}) e respectivas barras de desvio padrão (\pm). Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. | 83 |
| Figura VII.8.4.6-7 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm. | 84 |
| Figura VII.8.4.6-8 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média..... | 85 |
| Figura VII.8.4.6-9 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Mollusca entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm. | 86 |
| Figura VII.8.4.6-10 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Mollusca entre Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média..... | 87 |
| Figura VII.8.4.6-11 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Polychaeta entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm. | 88 |

| | |
|---|----|
| Figura VII.8.4.6-12 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Polychaeta entre Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. | 89 |
| Figura VII.8.4.6-13 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Crustacea entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm. | 90 |
| Figura VII.8.4.6-14 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Crustacea entre Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. | 91 |
| Figura VII.8.4.6-15 - Ordenação resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade granulométrica entre estações em Tubarão – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis. O tamanho dos círculos representa o valor relativo de cada variável. | 92 |
| Figura VII.8.4.7-1 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre estações. Índice de Sorensen, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 95 |
| Figura VII.8.4.7-2 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre Tubarão e RS-BS. Índice de Sorensen – grupamento pela média. Estrato de 5 - 10 cm. | 95 |
| Tabela VII.8.4.7-3 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 5 - 10 cm. | 96 |
| Figura VII.8.4.8-1 - Densidade média (ind.m ⁻²) e barra de desvio padrão (±). Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 98 |
| Figura VII.8.4.8-2 - Riqueza média (d) e barra de desvio padrão (±). Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 98 |
| Figura VII.8.4.8-3 - Equitabilidade média (ind.m ⁻²) e barra de desvio padrão (±). Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 99 |
| Figura VII.8.4.8-4 - Diversidade média (ind.m ⁻²) e barra de desvio padrão (±). Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 99 |

| | |
|--|-----|
| Figura VII.8.4.8-5 - Dominância média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 100 |
| Figura VII.8.4.8-6 - Valores médios de riqueza (d), equitabilidade (J), diversidade ($H' = \log_2$), Dominância (1-Lambda), densidade (ind.m^{-2}) e respectivas barras de desvio padrão (\pm). Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm. | 101 |
| Figura VII.8.4.8-7 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 102 |
| Figura VII.8.4.8-8 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre Tubarão e RS- BS – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média..... | 102 |
| Figura VII.8.4.8-9 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Mollusca entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 104 |
| Figura VII.8.4.8-10 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Mollusca entre Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média..... | 104 |
| Figura VII.8.4.8-11 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Polychaeta entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 105 |
| Figura VII.8.4.8-12 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Polychaeta entre Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média..... | 106 |
| Figura VII.8.4.8-13 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Crustacea entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | 107 |
| Figura VII.8.4.8-14 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Crustacea entre Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média..... | 107 |
| Figura VII.8.4.8-15 - Ordenação resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade granulométrica entre estações em Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. | |

| | |
|---|-----|
| Índice de Bray-Curtis. O tamanho dos círculos representa o valor relativo de cada variável. | 109 |
| Figura VII.8.4.9.1-1 - Número de táxons nos estratos – Tubarão. | 110 |
| Figura VII.8.4.9.1-2 - Número total de táxons por réplica nos estratos. Tubarão. | 111 |
| Figura VII.8.4.9.1-3 - Dendrograma de similaridade qualitativa das estações e estratos. Índice de Sorensen, grupamento pela média. Estrato de 0 - 2 cm – em preto; estrato de 2 - 5 cm – em azul; estrato de 5 - 10 cm – em vermelho. Tubarão. | 112 |
| Figura VII.8.4.9.1-4 - Número de táxons de Mollusca nos estratos. Tubarão. | 113 |
| Figura VII.8.4.9.1-5 - Número de táxons de Polychaeta nos estratos. Tubarão.. | 113 |
| Figura VII.8.4.9.1-6 - Número de táxons de Crustacea nos estratos. Tubarão... | 114 |
| Figura VII.8.4.9.1-7 - Número de táxons de Echinodermata nos estratos. Tubarão. | 115 |
| Figura VII.8.4.9.2-1 - Densidade média (ind.m ⁻²) nos estratos e no total. Tubarão. | 118 |
| Figura VII.8.4.9.2-2 - Densidade total (ind.m ⁻²) de Polychaeta e Crustacea nos estratos – escala em log. Tubarão..... | 120 |
| Figura VII.8.4.9.2-3 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estratos. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão..... | 120 |
| Figura VII.8.4.9.2-4 - Dendrograma representativo da similaridade quantitativa de Mollusca pelos estratos. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão. | 121 |
| Figura VII.8.4.9.2-5 - Dendrograma representativo da similaridade quantitativa de Polychaeta pelos estratos. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão. | 122 |
| Figura VII.8.4.9.2-6 - Dendrograma representativo da similaridade quantitativa de Crustacea pelos estratos. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão. | 123 |
| Figura VII.8.4.9.2-7 - Valores de riqueza (d) nos estratos. Tubarão. | 124 |
| Figura VII.8.5.1-1 - ACP – comparação das variáveis físico-químicas e bentos globais entre RS-BS e Tubarão nos estratos de 0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm. Projeção das variáveis no plano I-II. | 128 |
| Figura VII.8.5.1-2 - ACP – comparação das variáveis físico-químicas e bentos globais entre RC-BS e Tubarão nos estratos de 0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm. Projeção | |

| | |
|--|-----|
| das amostras no plano I-II – Representação dos estratos. Os números correspondem às estações de coleta na área do poço de Tubarão (TB)..... | 129 |
| Figura VII.8.5.1-3 - ACP – comparação das variáveis físico-químicas e bentos globais entre RS-BS e Tubarão nos estratos de 0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm. Projeção das amostras no plano I-II – Representação das áreas RS-BS e Tubarão..... | 130 |
| Figura VII.8.5.2-1 - ACP – comparação das variáveis contaminantes e bentos globais entre RS-BS e Tubarão no estrato de 0 - 2 cm. Projeção das variáveis no plano I-II. | 132 |
| Figura VII.8.5.2-2 - ACP – comparação das variáveis contaminantes e bentos globais entre RS-BS e Tubarão. Projeção no plano I-II das amostras coletadas no estrato de 0 - 2 cm. Os números correspondem às estações da área do poço Tubarão..... | 133 |
| Figura VII.8.5.3-1 - AFC - Análise comparativa das comunidades bentônicos das áreas de RS-BS e Tubarão e dos estratos de 0 - 2 cm, 2 - 5 cm e 5 - 10 cm. Projeção dos táxons no plano I-II com indicação das áreas e estratos..... | 136 |
| Figura VII.8.5.3-2 - AFC - Análise comparativa das comunidades bentônicos das áreas de RS-BS e Tubarão e dos estratos de 0 - 2 cm, 2 - 5 cm e 5 - 10 cm. Projeção das amostras no plano I-II com codificação dos estratos e das áreas RS-BS e Tubarão (com número da estação). | 137 |

TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela VII.8.1.1-1 - Parâmetros estatísticos granulométricos no estrato de 0 - 10 cm; coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos. | 1 |
| Tabela VII.8.1.2-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de Carbonato (CO_3^{2-}) entre as estações na área de Tubarão - Bacia de Santos (estrato 0 – 10 cm). | 7 |
| Tabela VII.8.1.3.1-1 - Matéria orgânica total (MOT), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N total), fósforo total (P total) e razão C/N e C/P no estrato de 0 - 2 cm para os sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão. | 8 |
| Tabela VII.8.1.3.1-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para parâmetros sedimentológicos entre réplicas de todas as estações (estrato de 0 - 2 cm) na área de Tubarão – Bacia de Santos - Tubarão. | 10 |
| Tabela VII.8.1.3.1-3 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de parâmetros sedimentológicos entre as estações na área de Tubarão - Bacia de Santos (estrato de 0 - 2 cm). | 12 |
| Tabela VII.8.1.3.2-1 - Matéria orgânica total (MOT), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N total), fósforo total (P total) e razão C/N e C/P no estrato de 2 - 5 cm para os sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão. | 13 |
| Tabela VII.8.1.3.2-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para parâmetros sedimentológicos entre réplicas de todas as estações (estrato de 2 - 5 cm) na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão. | 15 |
| Tabela VII.8.1.3.2-3 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de parâmetros sedimentológicos entre as estações na área de Tubarão - Bacia de Santos (estrato de 2 - 5 cm). | 17 |
| Tabela VII.8.1.3.3-1 - Matéria orgânica total (MOT), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N total), fósforo total (P total) e razão C/N e C/P no estrato de | |

| | |
|--|----|
| 5 - 10 cm para os sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão. | 18 |
| Tabela VII.8.1.3.3-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para parâmetros sedimentológicos entre réplicas de todas as estações (estrato de 5 - 10 cm) na área de Tubarão – Bacia de Santos - Tubarão. | 20 |
| Tabela VII.8.1.3.3-3 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de parâmetros sedimentológicos entre as estações na área de Tubarão - Bacia de Santos (estrato de 5 - 10 cm). | 22 |
| Tabela VII.8.1.3.4-1 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para parâmetros sedimentológicos, considerando todas as réplicas, entre os três estratos na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão. | 23 |
| Tabela VII.8.1.4-1 - Concentração média e desvio padrão dos parâmetros granulométricos e CO_3^{2-} , no estrato de 0 - 10 cm, nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos comparados aos valores encontrados na área de Referência Sul (RS-BS). | 27 |
| Tabela VII.8.1.4-2 – Concentração média e desvio padrão dos parâmetros descritores da matéria orgânica MOT, COT, N total, P total e razões C/N e C/P, por estrato nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos (n=20) comparados aos valores encontrados na área de Referência Sul (RS-BS). | 28 |
| Tabela VII.8.2.1-1 - Valores médios de concentração (mg.kg^{-1}) de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) medidos nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos. | 30 |
| Tabela VII.8.2.3-1 - Comparação de Valores de alguns índices e parâmetros para determinação da origem de hidrocarbonetos nas áreas de Tubarão e RS-BS. | 37 |
| Tabela VII.8.3-1 - Concentração total por réplicas, média e desvio padrão de concentração de metais nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos, comparadas aos seus respectivos níveis de referência TEL (valor limiar de efeito), e PEL (valor acima do qual efeito provável) e valores referentes aos níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA 344 de 2004. | 40 |

| | |
|---|----|
| Tabela VII.8.3-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para concentrações de metais entre réplicas de todas as estações (estrato de 0 - 2 cm) em Tubarão..... | 44 |
| Tabela VII.8.3-3 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de metais entre as estações na área de Tubarão – Bacia de Santos (estrato de 0 - 2 cm)..... | 48 |
| Tabela VII.8.3.1-1 - Matriz de correlação de Spearman ($n = 60$) entre as concentrações de carbonato (0 - 10 cm), MOT, COT, P total, N total e metais totais (estrato de 0 - 2 cm) na área de Tubarão – Bacia de Santos. Valores significativos ($p < 0,05$) em negrito..... | 51 |
| Tabela VII.8.3.2-1 - Análise por componentes principais aplicada ao conjunto de dados (estrato de 0 - 2 cm) da área de Tubarão – Bacia de Santos ($n=60$, correlações em negrito significativas a $p \leq 0,05$). | 52 |
| Tabela VII.8.3.3-1 - Média e desvio padrão de concentração dos metais nos sedimentos da área de Tubarão comparados as área de Referência Sul (RS_BS), Centro (RC-BS) e Norte (RN-BS) Bacia de Santos e a valores médios da crosta superior (WEDEPOHL, 1995). | 54 |
| Tabela VII.8.3.3-2 - Fatores de enriquecimento médio na área de Tubarão em relação à área de Referência Sul (RS-BS), tomando-se o alumínio como normalizador. | 55 |
| Tabela VII.8.4.1-1 - Número total de táxons por grupo em Tubarão e RS-BS..... | 56 |
| Tabela VII.8.4.3-1 - Número de táxons por grupo. Tubarão - estrato de 0 - 2 cm. | 57 |
| Tabela VII.8.4.3-2 - Número de táxons, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) (%). Tubarão - estrato de 0 - 2 cm. | 58 |
| Tabela VII.8.4.3-3 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 0 - 2 cm. | 61 |
| Tabela VII.8.4.4-1 - Densidade (ind.m^{-2}), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson), média e desvio padrão (DP) em Tubarão - estrato de 0 - 2 cm. | 62 |
| Tabela VII.8.4.4-2 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 0 - 2 cm. | 68 |

| | |
|--|-----|
| Tabela VII.8.4.5-1 - Número de táxons por grandes grupos em Tubarão – estrato de 2 - 5 cm..... | 75 |
| Tabela VII.8.4.5-2 - Número de táxons, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) (%). Tubarão - estrato de 2 - 5 cm..... | 76 |
| Tabela VII.8.4.5-3 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 2 - 5 cm..... | 78 |
| Tabela VII.8.4.6-1 - Densidade (ind.m ⁻²), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson), média e desvio padrão (DP) em Tubarão - estrato de 2 - 5 cm..... | 79 |
| Tabela VII.8.4.6-2 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 2 - 5 cm..... | 85 |
| Tabela VII.8.4.7-1 - Número de táxons por grandes grupos em Tubarão – estrato de 5 - 10 cm..... | 93 |
| Tabela VII.8.4.7-2 - Número de táxons, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) (%). Tubarão - estrato de 5 - 10 cm..... | 94 |
| Tabela VII.8.4.8-1 - Densidade (ind.m ⁻²), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson), média e desvio padrão (DP) em TB - estrato de 5 - 10 cm..... | 97 |
| Tabela VII.8.4.8-2 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 5 - 10 cm..... | 103 |
| Tabela VII.8.4.9.1-1 - Resultados da análise de similaridade entre estratos. Tubarão. | 112 |
| Tabela VII.8.4.9.1-2 - Frequência de ocorrência dos táxons por estratos. Frequência máxima 60. Tubarão. | 115 |
| Tabela VII.8.4.9.2-1 - Densidades médias e respectivos desvios padrão nos estratos e no total. Tubarão..... | 117 |
| Tabela VII.8.4.9.2-2 - Número total de organismos por estratos. Tubarão..... | 118 |
| Tabela VII.8.4.9.2-3 - Resultados da análise das similaridades e percentuais de dissimilaridade entre estratos. Tubarão..... | 121 |

Tabela VII.8.5.1-1 - Variáveis abióticas e bióticas introduzidas nas análises multivariadas, com seus respectivos códigos nos gráficos.126

Tabela VII.8.5.3-1 - Lista dos 65 táxons de bentos introduzidos na análise fatorial de correspondência, com seus respectivos códigos utilizados nos gráficos.134

ANEXOS

| | |
|----------------------------|--|
| Anexo VII.8.1-1 | – Laudo de Granulometria - Poço Tubarão. |
| Anexo VII.8.2-1 | – Laudo de Metais, Carbonato, Matéria Orgânica, Carbono Orgânico, Nitrogênio e Fósforo – Poço Tubarão..... |
| Anexo VII.8.2.1-1 | – Laudo de HPA's – Poço Tubarão. |
| Anexo VII.8.2.1.1-1 | - Cromatograma PAH – Poço Tubarão..... |
| Anexo VII.8.2.2-1 | – Laudo de HTP's – Poço Tubarão..... |
| Anexo VII.8.2.2-2 | – Laudo de n-alcanos C5 a C7 – Poço Tubarão..... |
| Anexo VII.8.2.2-3 | – Laudo de n-alcanos C8 a C40 – Poço Tubarão..... |
| Anexo VII.8.2.2.2-1 | - Cromatograma n-alcanos – Poço Tubarão..... |
| Anexo VII.8.2.2-4 | – Laudo de MCNR – Poço Tubarão..... |
| Anexo VII.8.4.1-1 | – Inventário taxonômico – macrofauna bentônica – Poço Tubarão..... |
| Anexo VII.8.4.4-1 | – Densidades das espécies – Poço Tubarão..... |

VII.8 – TUBARÃO

VII.8.1 - Sedimentologia

VII.8.1.1 - Granulometria

A síntese dos resultados granulométricos encontra-se na tabela VII.8.1.1-1 e os resultados completos no anexo VII.8.1-1.

O substrato da área denominada Tubarão é composto, principalmente, por areia e caracteriza-se por ser muito pobremente selecionado. Em média, os sedimentos são formados por 54,8% de areia, 29,3% de lama (silte + argila) e 15,9% de cascalho.

Tabela VII.8.1.1-1 - Parâmetros estatísticos granulométricos no estrato de 0 - 10 cm; coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos.

| Réplicas | Classificação Wentworth | Média (Φ) | Grau de Seleção | Assimetria Numérica | Assimetria Descritiva | Curtose Numérica | Curtose Descritiva | Dist. Freq. % | |
|----------|-------------------------|-----------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------|--------------------|---------------|-------|
| | | | | | | | | Areia | Lama |
| TB_11_R1 | AF | 2,00 | MPS | 0,07 | AS | 0,74 | PI | 49,92 | 36,02 |
| TB_11_R2 | AF | 2,24 | MPS | 0,18 | P | 0,75 | PI | 50,6 | 38,31 |
| TB_11_R3 | AM | 1,79 | MPS | 0,14 | P | 0,67 | PI | 57,9 | 29,30 |
| TB_12_R1 | AM | 1,73 | MPS | 0,20 | P | 0,66 | PI | 60,8 | 27,62 |
| TB_12_R2 | AM | 1,66 | MPS | 0,14 | P | 0,65 | MPI | 57,3 | 26,92 |
| TB_12_R3 | AM | 1,58 | MPS | 0,20 | P | 0,65 | MPI | 54,9 | 26,93 |
| TB_13_R1 | AM | 1,64 | MPS | 0,20 | P | 0,65 | MPI | 59,4 | 26,24 |
| TB_13_R2 | AF | 2,76 | MPS | 0,21 | P | 0,92 | Ms | 51,9 | 38,21 |
| TB_13_R3 | AM | 1,90 | MPS | 0,12 | P | 0,77 | PI | 54,1 | 31,80 |
| TB_14_R1 | AM | 1,29 | MPS | 0,20 | P | 0,65 | MPI | 52,05 | 26,64 |
| TB_14_R2 | AM | 1,56 | MPS | 0,26 | P | 0,66 | MPI | 56,6 | 27,65 |
| TB_14_R3 | AM | 1,74 | MPS | 0,17 | P | 0,70 | PI | 54,2 | 29,89 |
| TB_21_R1 | AM | 1,46 | MPS | 0,05 | AS | 0,88 | PI | 63,8 | 19,14 |
| TB_21_R2 | AM | 1,26 | MPS | 0,25 | P | 0,87 | PI | 65,4 | 18,24 |
| TB_21_R3 | AM | 1,44 | MPS | 0,08 | AS | 0,86 | PI | 59,1 | 23,42 |
| TB_22_R1 | AM | 1,53 | MPS | 0,22 | P | 0,66 | MPI | 53,8 | 27,50 |
| TB_22_R2 | AM | 1,56 | MPS | 0,10 | P | 0,66 | PI | 51,5 | 27,93 |
| TB_22_R3 | AM | 1,33 | MPS | 0,22 | P | 0,60 | MPI | 52,0 | 25,58 |
| TB_23_R1 | AG | 0,83 | MPS | 0,09 | AS | 0,99 | Ms | 52,7 | 19,99 |
| TB_23_R2 | AM | 1,51 | MPS | 0,05 | AS | 0,69 | PI | 54,0 | 25,74 |

Continua

Continuação

| Réplicas | Classificação Wentworth | Média (Φ) | Grau de Seleção | Assimetria Numérica | Assimetria Descritiva | Curtose Numérica | Curtose Descritiva | Dist. Freq. % | |
|----------|----------------------------|--------------|--------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|-------|
| | | | | | | | | Areia | Lama |
| TB_23_R3 | AM | 1,50 | MPS | 0,16 | P | 0,70 | PI | 54,1 | 26,65 |
| TB_24_R1 | AM | 1,64 | MPS | 0,21 | P | 0,74 | PI | 53,5 | 29,54 |
| TB_24_R2 | AM | 1,53 | MPS | 0,19 | P | 0,71 | PI | 53,5 | 28,04 |
| TB_24_R3 | AM | 1,45 | MPS | 0,08 | AS | 0,72 | PI | 57,0 | 24,04 |
| TB_31_R1 | AM | 1,96 | MPS | 0,20 | P | 0,87 | PI | 62,7 | 26,46 |
| TB_31_R2 | AM | 1,55 | MPS | 0,14 | P | 0,81 | PI | 52,4 | 28,25 |
| TB_31_R3 | AM | 1,42 | MPS | 0,09 | AS | 0,93 | Ms | 49,5 | 29,31 |
| TB_32_R1 | AF | 2,20 | MPS | 0,10 | P | 0,78 | PI | 47,8 | 37,56 |
| TB_32_R2 | AM | 1,59 | MPS | -0,03 | AS | 0,63 | MPI | 48,9 | 28,34 |
| TB_32_R3 | AG | 0,94 | MPS | 0,01 | AS | 0,62 | MPI | 35,9 | 27,00 |
| TB_33_R1 | AM | 1,20 | MPS | 0,14 | P | 0,64 | MPI | 47,5 | 25,61 |
| TB_33_R2 | AM | 1,97 | MPS | 0,09 | AS | 0,82 | PI | 53,8 | 32,01 |
| TB_33_R3 | AG | 0,72 | MPS | -0,17 | N | 0,96 | Ms | 49,5 | 24,76 |
| TB_34_R1 | AF | 2,35 | MPS | 0,22 | P | 0,82 | PI | 54,3 | 34,12 |
| TB_34_R2 | AM | 1,62 | MPS | 0,06 | AS | 0,69 | PI | 56,0 | 26,64 |
| TB_34_R3 | AM | 1,87 | MPS | 0,00 | AS | 0,89 | Ms | 54,3 | 29,75 |
| TB_41_R1 | AF | 2,14 | MPS | 0,14 | P | 0,90 | Ms | 60,7 | 27,97 |
| TB_41_R2 | AF | 2,62 | MPS | 0,28 | P | 1,05 | Ms | 62,4 | 30,47 |
| TB_41_R3 | AF | 2,32 | MPS | 0,20 | P | 1,01 | Ms | 62,8 | 28,59 |
| TB_42_R1 | AF | 2,86 | MPS | 0,33 | MP | 1,15 | Lp | 62,0 | 32,57 |
| TB_42_R2 | AMF | 3,19 | MPS | 0,37 | MP | 1,17 | Lp | 58,99 | 35,91 |
| TB_42_R3 | AMF | 3,65 | MPS | 0,52 | MP | 1,05 | Ms | 60,7 | 37,01 |
| TB_43_R1 | AM | 1,65 | MPS | -0,07 | AS | 0,62 | MPI | 46,6 | 29,41 |
| TB_43_R2 | AF | 2,99 | MPS | 0,29 | P | 1,05 | Ms | 55,4 | 36,79 |
| TB_43_R3 | AM | 1,93 | MPS | 0,08 | AS | 0,87 | PI | 54,8 | 30,38 |
| TB_44_R1 | AM | 1,81 | MPS | -0,04 | AS | 0,77 | PI | 52,7 | 29,47 |
| TB_44_R2 | AF | 2,62 | MPS | 0,16 | P | 1,00 | Ms | 55,3 | 34,96 |
| TB_44_R3 | AF | 2,01 | MPS | 0,05 | AS | 0,83 | PI | 54,4 | 31,10 |
| TB_51_R1 | AM | 1,89 | MPS | 0,07 | AS | 0,75 | PI | 49,8 | 32,93 |
| TB_51_R2 | AM | 1,83 | MPS | 0,04 | AS | 0,74 | PI | 49,5 | 33,37 |
| TB_51_R3 | AM | 1,88 | MPS | 0,1 | P | 0,73 | PI | 52,4 | 31,28 |
| TB_52_R1 | AM | 1,63 | MPS | 0,2 | P | 0,73 | PI | 56,7 | 27,53 |
| TB_52_R2 | AM | 1,51 | MPS | 0,32 | MP | 0,7 | PI | 59,78 | 25,36 |
| TB_52_R3 | AM | 1,64 | MPS | 0,24 | P | 0,71 | PI | 60,8 | 25,66 |
| TB_53_R1 | AF | 2,17 | MPS | 0,24 | P | 0,77 | PI | 54,7 | 32,96 |
| TB_53_R2 | AM | 1,24 | MPS | 0,12 | P | 0,69 | PI | 51,4 | 24,25 |
| TB_53_R3 | AM | 1,98 | MPS | 0,18 | P | 0,8 | PI | 55,1 | 31,18 |

Continua

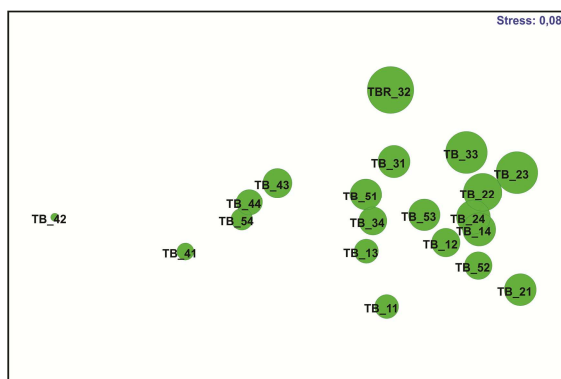
Continuação

| Réplicas | Classificação Wentworth | Média (Φ) | Grau de Seleção | Assimetria Numérica | Assimetria Descritiva | Curtose Numérica | Curtose Descritiva | Dist. Freq. % | |
|----------|----------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|-------|
| | | | | | | | | Areia | Lama |
| TB_54_R1 | AF | 2,08 | MPS | 0,07 | AS | 0,86 | PI | 54,2 | 32,03 |
| TB_54_R2 | AF | 2,3 | MPS | 0,09 | AS | 0,92 | Ms | 51,3 | 34,71 |
| TB_54_R3 | AF | 2,67 | MPS | 0,29 | P | 1,03 | Ms | 60,8 | 32,58 |

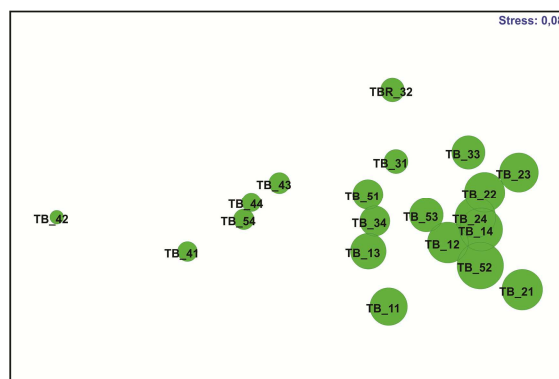
Classificação (Wentworth): AF - areia fina; AM - areia média; AG - areia grossa; AMF - areia muito fina. Grau de seleção: MPS - muito pobremente selecionado; PS - pobremente selecionada. Assimetria (Folk and Ward Method): AS – aproximadamente simétrica; P - positiva; N - negativa; MN - muito negativa. Curtose (Folk and Ward Method): Ms - mesocúrtica; PI – platicúrtica; MPI - muito platicúrtica; Lp - leptocúrtica.

A ordenação das estações no plano resultante da aplicação do MDS à matriz de resultados de pesos retidos nas peneiras e a sobreposição dos valores percentuais dos componentes granulométricos se encontram apresentados na figura VII.8.1.1-1.

As estações TB_41, TB_42, TB_43, TB_44 e TB_54 apresentaram os mais baixos teores de cascalho e areia muito grossa e os mais altos teores de areia fina e por isso aparecem deslocados no lado esquerdo do MDS.



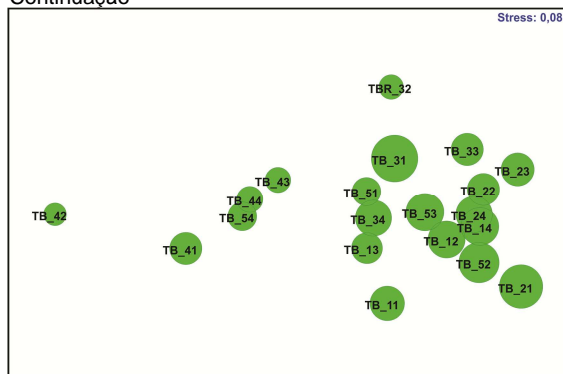
Cascalho



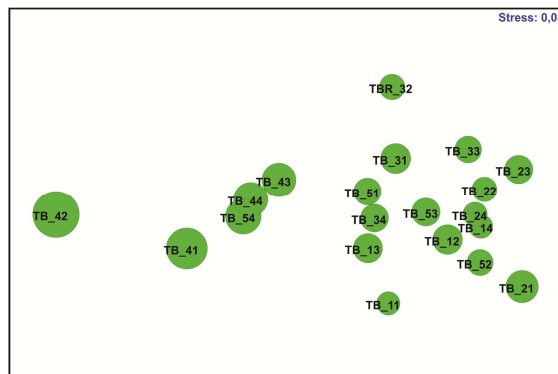
Areia muito grossa

Continua

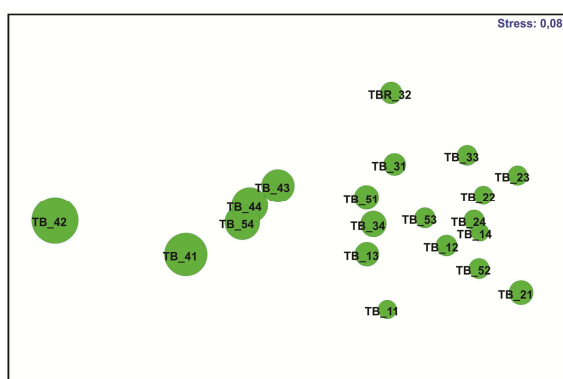
Continuação



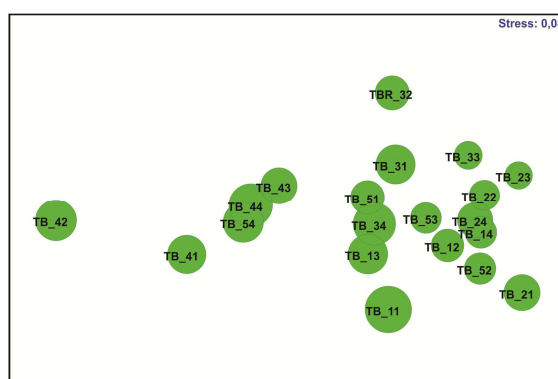
Areia grossa



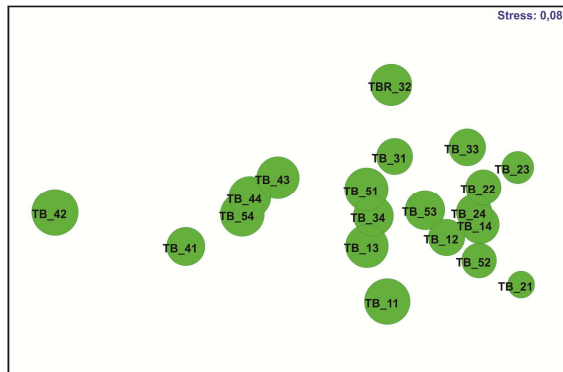
Areia média



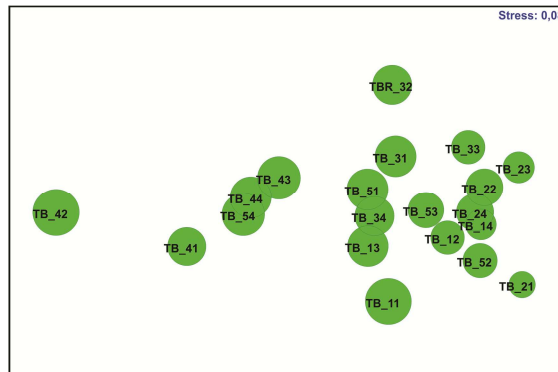
Areia fina



Areia muito fina



Silte



Argila

Figura VII.8.1.1-1 - Ordenação resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade granulométrica entre estações. Distância Euclidiana. O tamanho dos círculos representa o valor relativo de cada variável – Tubarão.

A comparação dos resultados de Tubarão com RS-BS mostrou que os substratos das duas áreas apresentam grande semelhança com similaridade próxima a 80% (figura VII.8.1.1-2). Observa-se, também, que as cinco estações que apresentaram maiores teores da fração fina do sedimento (TB_41, TB_42, TB_43, TB_44 e TB_54) formam um grupo que apresenta similaridades mais altas em relação a RS-BS..

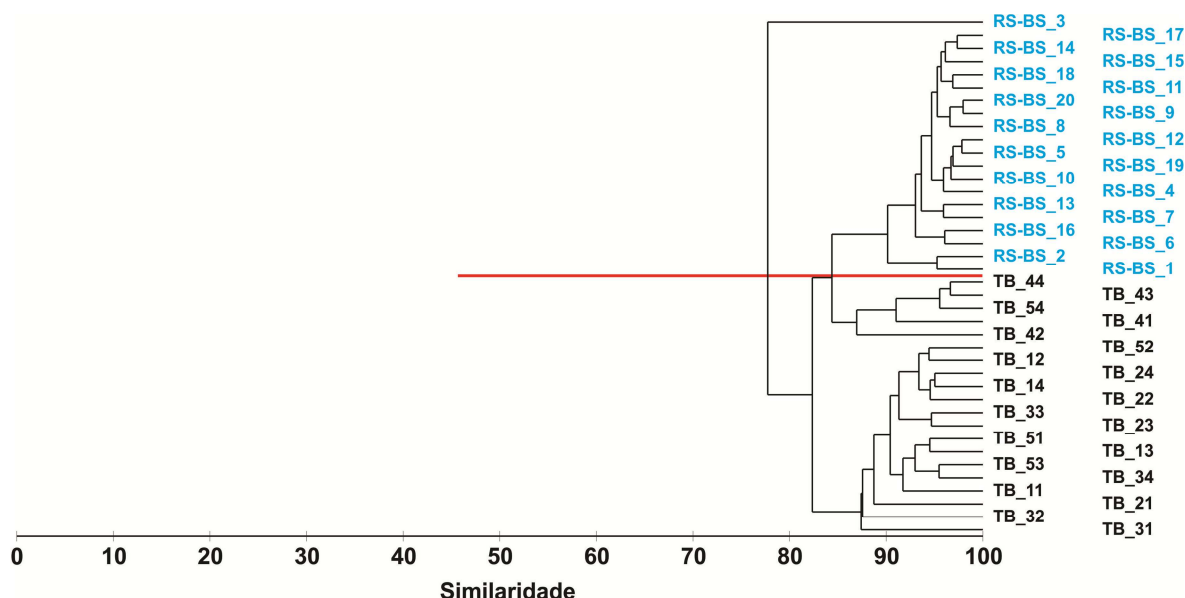


Figura VII.8.1.1-2 - Dendrograma representativo da similaridade granulométrica entre Tubarão e RS-BS. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média.

VII.8.1.2 - Carbonatos

Os teores de carbonato (CO_3^{2-}) variaram entre 23,82 (TB_34_R1) a 33,88% (TB_32_R1) (tabela VII.8.1.2-1).

Tabela VII.8.1.2-1 - Carbonatos (CO_3^{2-}) no estrato de 0 - 10 cm para os sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão.

| Réplicas | CO_3^{2-} % | Réplicas | CO_3^{2-} % | Réplicas | CO_3^{2-} % |
|----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|
| TB_11_R1 | 31,39 | TB_23_R3 | 33,19 | TB_42_R2 | 29,17 |
| TB_11_R2 | 32,05 | TB_24_R1 | 33,19 | TB_42_R3 | 31,17 |

Continua

Continuação

| Réplicas | CO ₃ ²⁻ % | Réplicas | CO ₃ ²⁻ % | Réplicas | CO ₃ ²⁻ % |
|----------|------------------------------------|----------|------------------------------------|----------|------------------------------------|
| TB_11_R3 | 32,32 | TB_24_R2 | 32,20 | TB_43_R1 | 29,17 |
| TB_12_R1 | 32,88 | TB_24_R3 | 33,32 | TB_43_R2 | 29,82 |
| TB_12_R2 | 33,08 | TB_31_R1 | 33,81 | TB_43_R3 | 29,35 |
| TB_12_R3 | 33,60 | TB_31_R2 | 32,20 | TB_44_R1 | 30,92 |
| TB_13_R1 | 33,13 | TB_31_R3 | 33,60 | TB_44_R2 | 30,37 |
| TB_13_R2 | 33,39 | TB_32_R1 | 33,88 | TB_44_R3 | 30,98 |
| TB_13_R3 | 32,24 | TB_32_R2 | 32,89 | TB_51_R1 | 28,61 |
| TB_14_R1 | 32,24 | TB_32_R3 | 33,27 | TB_51_R2 | 30,18 |
| TB_14_R2 | 32,08 | TB_33_R1 | 31,67 | TB_51_R3 | 31,06 |
| TB_14_R3 | 33,34 | TB_33_R2 | 30,40 | TB_52_R1 | 30,18 |
| TB_21_R1 | 33,10 | TB_33_R3 | 31,69 | TB_52_R2 | 29,04 |
| TB_21_R2 | 33,58 | TB_34_R1 | 23,82 | TB_52_R3 | 30,69 |
| TB_21_R3 | 33,58 | TB_34_R2 | 30,80 | TB_53_R1 | 31,33 |
| TB_22_R1 | 33,27 | TB_34_R3 | 28,66 | TB_53_R2 | 29,47 |
| TB_22_R2 | 31,46 | TB_41_R1 | 29,45 | TB_53_R3 | 31,17 |
| TB_22_R3 | 32,50 | TB_41_R2 | 30,06 | TB_54_R1 | 27,90 |
| TB_23_R1 | 32,36 | TB_41_R3 | 28,70 | TB_54_R2 | 31,74 |
| TB_23_R2 | 32,36 | TB_42_R1 | 28,70 | TB_54_R3 | 30,86 |

O resultado da aplicação do teste estatístico constatou a existência de diferenças estatísticas significativas nas concentrações de carbonato ($F = 6,31$; $P = 0,000001$) entre as estações (ANOVA, $p > 0,05$).

Como observado na tabela VII.8.1.2-2, as diferenças concentram-se entre a estação TB_34 (27,76%) significativamente menor do que as estações TB_11 (31,92%), TB_12 (33,19%), TB_13 (32,92%), TB_14 (32,55%), TB_21 (33,42%), TB_22 (32,41%), TB_23 (32,64%), TB_24 (32,90%), TB_31 (33,20%) e TB_32 (33,35%). A estação TB_41 (29,40%) tem média menor do que as estações TB_12 (33,19%), TB_21 (33,42%), TB_31 (33,20%) e TB_32 (33,35%).

A estação TB_42 (29,68%) tem média significativamente menor do que as estações TB_21 (33,42%) e TB_32 (33,35%). A estação TB_43 (29,45%) tem média menor do que as estações TB_12 (33,19%); TB_21 (33,42%); TB_31 (33,20%) e TB_32 (33,35%).

Tabela VII.8.1.2-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de Carbonato (CO_3^{2-}) entre as estações na área de Tubarão - Bacia de Santos (estrato 0 – 10 cm).

| | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TB_11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_34 | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | | | | | | | | |
| TB_41 | | CO_3^{2-} | | | CO_3^{2-} | | | | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | | | | | | | | | |
| TB_42 | | | | | CO_3^{2-} | | | | | | CO_3^{2-} | | | | | | | | |
| TB_43 | | CO_3^{2-} | | | CO_3^{2-} | | | | CO_3^{2-} | CO_3^{2-} | | | | | | | | | |
| TB_44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

VII.8.1.3 - Constituintes Orgânicos

VII.8.1.3.1 - Estrato de 0 - 2 cm

Os resultados das análises químicas contendo as concentrações dos parâmetros sedimentológicos descritores da matéria orgânica estão apresentadas na tabela VII.8.1.3.1-1 e no anexo VII.8.2-1

Os teores de matéria orgânica total (MOT) variaram de nd (não detectado) (TB_51_R2) a 10,14% (TB_14_R2). O COT variou de 1,33% (TB_52_R1) a 5,88% (estação TB_14_R2). Neste estrato, os teores de COT equivalem em média a 57,98% do conteúdo total de matéria orgânica total (MOT). As concentrações de nitrogênio total (N total) variaram de nd (não detectado) na estação TB_54_R2 e TB54_R3 a 1016 mg.kg⁻¹ na TB_12_R2, enquanto os teores de fósforo total (P total) variaram de 426 mg.kg⁻¹ (TB_24_R2) a 1201 mg.kg⁻¹ (TB_53_R2). As razões molares C/N e C/P apresentam médias respectivamente de 56,1 e 135,3.

Tabela VII.8.1.3.1-1 - Matéria orgânica total (MOT), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N total), fósforo total (P total) e razão C/N e C/P no estrato de 0 - 2 cm para os sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão.

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_11_R1 | 4,82 | 2,78 | 552 | 523 | 58,84 | 141,96 |
| TB_11_R2 | 2,88 | 1,66 | 466 | 508 | 41,67 | 87,38 |
| TB_11_R3 | 5,82 | 3,36 | 491 | 435 | 79,88 | 206,08 |
| TB_12_R1 | 4,81 | 2,78 | 718 | 534 | 45,20 | 138,90 |
| TB_12_R2 | 5,15 | 2,98 | 1016 | 538 | 34,18 | 147,53 |
| TB_12_R3 | 7,14 | 4,13 | 408 | 550 | 118,03 | 200,14 |
| TB_13_R1 | 6,34 | 3,68 | 664 | 493 | 64,59 | 198,85 |
| TB_13_R2 | 7,48 | 4,34 | 601 | 471 | 84,23 | 245,66 |
| TB_13_R3 | 4,94 | 2,86 | 812 | 524 | 41,13 | 145,69 |
| TB_14_R1 | 6,17 | 3,57 | 528 | 549 | 78,96 | 173,58 |
| TB_14_R2 | 10,14 | 5,88 | 561 | 521 | 122,34 | 301,11 |
| TB_14_R3 | 6,62 | 3,84 | 618 | 558 | 72,47 | 183,47 |

Continua

Continuação

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_21_R1 | 6,91 | 4,00 | 447 | 609 | 104,45 | 175,24 |
| TB_21_R2 | 7,53 | 4,37 | 438 | 755 | 116,33 | 154,26 |
| TB_21_R3 | 4,84 | 2,80 | 630 | 514 | 51,83 | 145,20 |
| TB_22_R1 | 4,91 | 2,83 | 563 | 539 | 58,73 | 140,22 |
| TB_22_R2 | 7,05 | 4,07 | 484 | 489 | 98,21 | 222,19 |
| TB_22_R3 | 5,27 | 3,05 | 673 | 544 | 52,81 | 149,33 |
| TB_23_R1 | 3,59 | 2,07 | 908 | 530 | 26,65 | 104,37 |
| TB_23_R2 | 3,59 | 2,08 | 739 | 548 | 32,77 | 101,02 |
| TB_23_R3 | 4,46 | 2,58 | 756 | 499 | 39,75 | 137,65 |
| TB_24_R1 | 4,51 | 2,60 | 569 | 553 | 53,40 | 125,58 |
| TB_24_R2 | 4,80 | 2,77 | 579 | 426 | 55,86 | 173,53 |
| TB_24_R3 | 4,95 | 2,86 | 429 | 546 | 77,73 | 139,60 |
| TB_31_R1 | 5,34 | 3,08 | 589 | 539 | 61,08 | 152,56 |
| TB_31_R2 | 7,63 | 4,41 | 617 | 554 | 83,33 | 212,14 |
| TB_31_R3 | 4,93 | 2,70 | 566 | 652 | 55,63 | 110,39 |
| TB_32_R1 | 5,15 | 2,98 | 785 | 578 | 44,24 | 137,33 |
| TB_32_R2 | 5,32 | 3,08 | 713 | 586 | 50,33 | 139,96 |
| TB_32_R3 | 7,31 | 4,23 | 468 | 607 | 105,35 | 185,66 |
| TB_33_R1 | 4,16 | 2,40 | 822 | 608 | 34,08 | 105,31 |
| TB_33_R2 | 5,21 | 3,01 | 508 | 524 | 69,13 | 153,19 |
| TB_33_R3 | 4,95 | 2,86 | 658 | 601 | 50,75 | 126,99 |
| TB_34_R1 | 5,00 | 2,90 | 621 | 847 | 54,50 | 91,34 |
| TB_34_R2 | 4,48 | 2,60 | 738 | 667 | 41,11 | 103,97 |
| TB_34_R3 | 5,73 | 3,32 | 898 | 657 | 43,15 | 134,80 |
| TB_41_R1 | 5,16 | 2,99 | 741 | 663 | 47,13 | 120,40 |
| TB_41_R2 | 4,30 | 2,49 | 799 | 659 | 36,43 | 100,95 |
| TB_41_R3 | 5,83 | 3,38 | 671 | 598 | 58,82 | 150,86 |
| TB_42_R1 | 4,36 | 2,53 | 862 | 710 | 34,22 | 94,96 |
| TB_42_R2 | 4,96 | 2,88 | 814 | 699 | 41,24 | 109,76 |
| TB_42_R3 | 5,40 | 3,13 | 798 | 869 | 45,75 | 96,03 |
| TB_43_R1 | 5,14 | 2,98 | 830 | 573 | 41,90 | 138,72 |
| TB_43_R2 | 5,37 | 3,11 | 614 | 632 | 59,18 | 131,41 |
| TB_43_R3 | 5,17 | 2,99 | 812 | 551 | 42,93 | 144,60 |
| TB_44_R1 | 4,13 | 2,61 | 738 | 616 | 41,21 | 112,84 |
| TB_44_R2 | 4,83 | 2,79 | 560 | 612 | 58,18 | 121,69 |
| TB_44_R3 | 5,43 | 3,14 | 655 | 781 | 55,88 | 107,12 |
| TB_51_R1 | 4,84 | 2,80 | 857 | 516 | 38,10 | 144,64 |

Continua

Continuação

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_51_R2 | nd | 2,75 | 615 | 486 | 52,23 | 151,08 |
| TB_51_R3 | 2,77 | 2,10 | 670 | 570 | 36,58 | 98,27 |
| TB_52_R1 | 2,80 | 1,33 | 455 | 579 | 33,98 | 61,04 |
| TB_52_R2 | 2,29 | 1,65 | 718 | 597 | 26,80 | 73,68 |
| TB_52_R3 | 2,85 | 1,36 | 678 | 744 | 23,44 | 48,82 |
| TB_53_R1 | 2,36 | 1,59 | 790 | 724 | 23,43 | 58,43 |
| TB_53_R2 | 2,75 | 3,36 | 685 | 1201 | 57,16 | 74,52 |
| TB_53_R3 | 5,81 | 2,42 | 579 | 543 | 48,79 | 118,91 |
| TB_54_R1 | 4,19 | 2,16 | 564 | 542 | 44,59 | 106,05 |
| TB_54_R2 | 3,73 | 1,71 | nd | 561 | - | 81,09 |
| TB_54_R3 | 2,95 | 1,59 | nd | 524 | - | 80,81 |

Os resultados da aplicação do teste estatístico (ANOVA, $P < 0,05$) para a verificação da existência de diferenças estatísticas significativas entre as réplicas dos parâmetros sedimentológicos (MOT, COT, P total, e N total) neste estrato na área de Tubarão (TB) são apresentados na tabela VII.8.1.3.1-2.

Como observado, as diferenças estatísticas significativas ocorrem apenas nas concentrações de MOT e COT.

Tabela VII.8.1.3.1-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para parâmetros sedimentológicos entre réplicas de todas as estações (estrato de 0 - 2 cm) na área de Tubarão – Bacia de Santos - Tubarão.

| Elemento | Teste F | Probabilidade estatística ($P < 0,05$) |
|------------|--------------|--|
| MOT | 3,193 | 0,001055 |
| COT | 3,584 | 0,000332 |
| N total | 1,744 | 0,071157 |
| P total | 1,744 | 0,071157 |

As diferenças significativas estão marcadas em negrito.

Na tabela VII.8.1.3.1-3 a seguir são apresentadas as estações onde foram observadas diferenças significativas entre as concentrações dos parâmetros sedimentológicos no estrato de 0 - 2 cm.

A MOT mostra diferenças entre a estação TB_14 (7,64%) significativamente superior a média nas estações TB_23 (3,88%), TB_52 (2,65%), TB_53 (3,64%) e TB_54 (3,62%). As estações TB_13 (6,25%) e TB_21 (6,43%) são significativamente diferentes da estação TB_52 (2,65%).

O COT mostra diferenças entre a estação TB_14 (4,43%) significativamente superior a média nas estações TB_23 (2,24%), TB_52 (1,45%), TB_53 (2,45%) e TB_54 (1,81%). A estação TB_52 (1,45%) possui média significativamente menor do que as estações TB_13 (3,63%), TB_14 (4,43%), TB_21 (3,72%), TB_31 (3,40%) e TB_32 (3,43%). A estação TB_54 (1,81%) tem média também menor do que a estação TB_21 (3,72%).

O P total apresenta diferenças significativas exclusivamente entre a estação TB_53 (823 mg.kg⁻¹) e as estações TB_11 (489 mg.kg⁻¹), TB_13 (496 mg.kg⁻¹) e TB_24 (508 mg.kg⁻¹).

Tabela VII.8.1.3.1-3 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de parâmetros sedimentológicos entre as estações na área de Tubarão - Bacia de Santos (estrato de 0 - 2 cm).

| | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TB_11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_23 | | | | MOT; COT | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_52 | | | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | | | | COT | COT | | | | | | | | | |
| TB_53 | P total | | P total | MOT; COT | | | | | P total | | | | | | | | | | |
| TB_54 | | | | MOT; COT | COT | | | | | | | | | | | | | | |

VII.8.1.3.2 - Estrato de 2 – 5 cm

A MOT variou de nd (não detectado) nas estações TB_21_R3 e TB_51_R2 a 7,97% na estação TB_32_R2. O COT variou de nd (não detectado) nas estações TB_21_R2 e TB_21_R3 a 4,61% na estação TB_32_R2. O COT neste estrato equivale a 56,9% do conteúdo de MOT. As concentrações de N total variam entre nd (TB_54_R2 e _R3) a 799 mg.kg⁻¹ (TB_41_R2), o P total variou de 468 mg.kg⁻¹ (TB_22_R1) a 1082 mg.kg⁻¹ (TB_52_R3), enquanto as razões C/N e C/P apresentaram, respectivamente, médias de 64,8 e 140,7 (tabela VII.8.1.3.2-1 e anexo VII.8.2-1).

Tabela VII.8.1.3.2-1 - Matéria orgânica total (MOT), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N total), fósforo total (P total) e razão C/N e C/P no estrato de 2 - 5 cm para os sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão.

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_11_R1 | 5,07 | 2,93 | 510 | 564 | 67,0 | 138,4 |
| TB_11_R2 | 3,43 | 1,98 | 506 | 495 | 45,7 | 106,7 |
| TB_11_R3 | 5,60 | 3,24 | 503 | 522 | 75,1 | 165,3 |
| TB_12_R1 | 6,26 | 3,62 | 571 | 505 | 73,9 | 191,0 |
| TB_12_R2 | 6,02 | 3,48 | 493 | 489 | 82,3 | 189,6 |
| TB_12_R3 | 6,07 | 3,52 | 505 | 615 | 81,4 | 152,8 |
| TB_13_R1 | 6,76 | 3,92 | 595 | 493 | 76,9 | 212,1 |
| TB_13_R2 | 3,27 | 1,90 | 638 | 492 | 34,7 | 102,7 |
| TB_13_R3 | 4,75 | 2,75 | 526 | 533 | 61,1 | 137,7 |
| TB_14_R1 | 7,07 | 4,10 | 622 | 566 | 76,9 | 193,1 |
| TB_14_R2 | 7,92 | 4,59 | 549 | 548 | 97,6 | 223,5 |
| TB_14_R3 | 5,59 | 3,24 | 555 | 613 | 68,1 | 141,0 |
| TB_21_R1 | 6,86 | 3,98 | 506 | 637 | 91,7 | 166,5 |
| TB_21_R2 | 7,85 | nd | 480 | 750 | - | - |
| TB_21_R3 | nd | nd | 450 | 644 | - | - |
| TB_22_R1 | 5,47 | 3,16 | 508 | 468 | 72,6 | 180,1 |
| TB_22_R2 | 5,81 | 3,36 | 595 | 530 | 65,9 | 169,0 |
| TB_22_R3 | 4,42 | 2,55 | 668 | 523 | 44,6 | 130,2 |

Continua

Continuação

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_23_R1 | 5,21 | 3,01 | 635 | 511 | 55,3 | 157,1 |
| TB_23_R2 | 5,49 | 3,17 | 652 | 508 | 56,8 | 166,6 |
| TB_23_R3 | 5,54 | 3,20 | 601 | 518 | 62,1 | 164,7 |
| TB_24_R1 | 6,01 | 3,47 | 473 | 570 | 85,7 | 162,5 |
| TB_24_R2 | 6,35 | 3,67 | 540 | 587 | 79,3 | 166,7 |
| TB_24_R3 | 4,96 | 2,87 | 469 | 530 | 71,4 | 144,3 |
| TB_31_R1 | 5,23 | 3,02 | 531 | 595 | 66,4 | 135,5 |
| TB_31_R2 | 7,03 | 4,06 | 559 | 616 | 84,8 | 175,8 |
| TB_31_R3 | 5,40 | 3,12 | 506 | 576 | 71,9 | 144,3 |
| TB_32_R1 | 5,85 | 3,38 | 579 | 595 | 68,1 | 151,5 |
| TB_32_R2 | 7,97 | 4,61 | 531 | 562 | 101,2 | 218,6 |
| TB_32_R3 | 7,02 | 4,06 | 467 | 675 | 101,3 | 160,3 |
| TB_33_R1 | 4,71 | 2,72 | 467 | 603 | 67,9 | 120,2 |
| TB_33_R2 | 5,89 | 3,40 | 423 | 608 | 93,9 | 149,3 |
| TB_33_R3 | 4,55 | 2,63 | 528 | 615 | 58,1 | 114,0 |
| TB_34_R1 | 5,47 | 3,18 | 457 | 588 | 81,1 | 144,0 |
| TB_34_R2 | 4,53 | 2,63 | 706 | 715 | 43,4 | 98,1 |
| TB_34_R3 | 5,20 | 3,02 | 691 | 578 | 50,9 | 139,2 |
| TB_41_R1 | 5,04 | 2,92 | 612 | 680 | 55,6 | 114,4 |
| TB_41_R2 | 5,10 | 2,96 | 799 | 685 | 43,2 | 115,2 |
| TB_41_R3 | 6,24 | 3,62 | 759 | 663 | 55,7 | 145,7 |
| TB_42_R1 | 5,77 | 3,35 | 683 | 697 | 57,2 | 128,1 |
| TB_42_R2 | 4,98 | 2,89 | 464 | 733 | 72,6 | 105,0 |
| TB_42_R3 | 5,54 | 3,21 | 617 | 674 | 60,7 | 127,1 |
| TB_43_R1 | 6,04 | 3,50 | 674 | 543 | 60,6 | 171,9 |
| TB_43_R2 | 5,80 | 3,36 | 570 | 588 | 68,9 | 152,6 |
| TB_43_R3 | 4,75 | 2,75 | 752 | 556 | 42,6 | 131,7 |
| TB_44_R1 | 7,21 | 4,17 | 682 | 659 | 71,3 | 168,7 |
| TB_44_R2 | 4,86 | 2,81 | 595 | 610 | 55,0 | 122,7 |
| TB_44_R3 | 5,12 | 2,96 | 579 | 664 | 59,6 | 118,7 |
| TB_51_R1 | 5,59 | 3,23 | 647 | 576 | 58,3 | 149,6 |
| TB_51_R2 | nd | 2,69 | 406 | 506 | 77,2 | 141,5 |
| TB_51_R3 | 4,65 | 1,54 | 509 | 534 | 35,4 | 77,1 |
| TB_52_R1 | 2,67 | 1,52 | 422 | 694 | 42,0 | 58,4 |
| TB_52_R2 | 2,63 | 1,49 | 487 | 646 | 35,7 | 61,5 |
| TB_52_R3 | 2,58 | 1,48 | 715 | 1082 | 24,1 | 36,5 |

Continua

Continuação

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_53_R1 | 2,56 | 3,57 | 603 | 514 | 69,1 | 185,3 |
| TB_53_R2 | 6,18 | 3,08 | 511 | 587 | 70,2 | 139,7 |
| TB_53_R3 | 5,32 | 2,74 | 634 | 575 | 50,4 | 127,0 |
| TB_54_R1 | 4,74 | 2,13 | 530 | 515 | 46,8 | 110,0 |
| TB_54_R2 | 3,68 | 1,66 | nd | 469 | - | 94,6 |
| TB_54_R3 | 2,88 | 1,49 | nd | 602 | - | 66,2 |

Os resultados da aplicação do teste estatístico (ANOVA, $P < 0,05$) para a verificação da existência de diferenças estatísticas significativas nos parâmetros sedimentológicos (estrato de 2 - 5 cm) são apresentados na tabela VII.8.1.3.2-2.

Quando se consideram todas as réplicas de todas as estações são observadas diferenças estatísticas significativas entre as concentrações de MOT, COT, N total e P total.

Tabela VII.8.1.3.2-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para parâmetros sedimentológicos entre réplicas de todas as estações (estrato de 2 - 5 cm) na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão.

| Elemento | Teste F | Probabilidade estatística ($P < 0,05$) |
|----------|---------|--|
| MOT | 3,437 | 0,000587 |
| COT | 4,156 | 0,000092 |
| N total | 1,997 | 0,034337 |
| P total | 4,042 | 0,000099 |

As diferenças significativas estão marcadas em negrito.

A MOT apresenta diferenças entre a estação TB_52 (2,63%) significativamente menor do que as médias das estações TB_12 (6,12%), TB_14 (6,86%), TB_21 (7,35%), TB_24 (5,78%), TB_31 (5,89%), TB_32 (6,95%), TB_44 (5,73%). A estação TB_54 (3,77%) é significativamente diferente das estações TB_14 (6,86%), TB_21 (7,35%) e TB_32 (6,95%).

O COT apresenta diferenças estatísticas significativas entre estação TB_52 (média de 1,50%) e as estações TB_12 (3,54%), TB_14 (3,98%), TB_21 (3,98%), TB_23 (3,13%), TB_24 (3,34%), TB_31 (3,40%), TB_32 (4,01%), TB_41 (3,17%), TB_42 (3,15%), TB_43 (3,20%), TB_44 (3,31%) e TB_53 (3,13%). A estação TB_54 (1,76%) apresenta diferenças estatísticas significativas com as estações TB_12 (3,54%), TB_14 (3,98%), TB_31 (3,40%) e TB_32 (4,01%).

O N total mostra diferença exclusivamente entre estação TB_33 (média de 473 mg.kg⁻¹) significativamente menor do que a média na estação TB_41 (723 mg.kg⁻¹).

O P total apresenta diferenças significativas entre a estação TB_52 (807 mg.kg⁻¹) significativamente maior do que as médias nas estações TB_11 (527 mg.kg⁻¹), TB_12 (536 mg.kg⁻¹), TB_13 (506 mg.kg⁻¹), TB_14 (576 mg.kg⁻¹), TB_22 (507 mg.kg⁻¹), TB_23 (512 mg.kg⁻¹), TB_24 (562 mg.kg⁻¹), TB_31 (596 mg.kg⁻¹), TB_43 (562 mg.kg⁻¹) e TB_51 (539 mg.kg⁻¹), TB_53 (559 mg.kg⁻¹) e TB_54 (529 mg.kg⁻¹).

Na tabela VII.8.1.3.2-3 estão relacionadas as estações onde foram observadas diferenças significativas entre os resultados dos parâmetros sedimentológicos.

Tabela VII.8.1.3.2-3 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de parâmetros sedimentológicos entre as estações na área de Tubarão - Bacia de Santos (estrato de 2 - 5 cm).

| | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 | TB 54 |
|-------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-------------|----------|-----------------|-------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|-------------|----------|----------|-----------------|----------|
| TB_11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_52 | P total | MOT; COT; P total | Ptotal | MOT; COT; P total | MOT; COT | P total | COT; P total | MOT; COT; P total | MOT; COT; P total | MOT; COT | | | COT | COT | COT; P total | MOT; COT | P total | | COT; P total | P total |
| TB_53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_54 | | COT | | MOT; COT | MOT | | | | COT | MOT; COT | | | | | | | | | | |

VII.8.1.3.3 - Estrato de 5 – 10 cm

O conteúdo de MOT variou de nd (TB_21_R2 e TB_51_R2) a 8,35% (TB_14_R2). O COT, que variou de nd (TB_54_R3) a 4,85 (TB_14_R2), representa, em média, 58,2% da MOT.

As concentrações de N total apresentaram faixa de variação de nd (TB_54_R1, TB_54_R2 e TB_54_R3) a 1260 mg.kg⁻¹ (TB_42_R1) enquanto o P total variou de 424 mg.kg⁻¹ (TB_24_R3) a 958 mg.kg⁻¹ (TB_53_R1). As razões molares C/N e C/P apresentaram médias de 71,9 e 148,2 respectivamente (tabela VII.8.1.3.3-1 e no anexo VII.8.2-1).

Tabela VII.8.1.3.3-1 - Matéria orgânica total (MOT), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N total), fósforo total (P total) e razão C/N e C/P no estrato de 5 - 10 cm para os sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão.

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_11_R1 | 6,25 | 3,61 | 569 | 601 | 74,0 | 160,1 |
| TB_11_R2 | 4,48 | 2,59 | 505 | 501 | 59,8 | 137,9 |
| TB_11_R3 | 6,21 | 3,59 | 506 | 485 | 82,7 | 197,3 |
| TB_12_R1 | 7,57 | 4,38 | 463 | 516 | 110,3 | 226,1 |
| TB_12_R2 | 6,35 | 3,67 | 571 | 494 | 75,0 | 198,2 |
| TB_12_R3 | 4,24 | 2,45 | 434 | 534 | 65,9 | 122,5 |
| TB_13_R1 | 7,31 | 4,24 | 611 | 482 | 81,0 | 234,6 |
| TB_13_R2 | 6,96 | 4,04 | 919 | 560 | 51,2 | 192,2 |
| TB_13_R3 | 7,69 | 4,46 | 704 | 531 | 73,9 | 223,9 |
| TB_14_R1 | 7,96 | 4,62 | 490 | 488 | 110,0 | 252,4 |
| TB_14_R2 | 8,35 | 4,85 | 426 | 658 | 132,7 | 196,4 |
| TB_14_R3 | 6,83 | 3,96 | 494 | 542 | 93,6 | 195,0 |
| TB_21_R1 | 7,13 | 4,14 | 492 | 652 | 98,1 | 169,2 |
| TB_21_R2 | nd | 4,53 | 411 | 660 | 128,7 | 183,2 |
| TB_21_R3 | 6,29 | 3,63 | 459 | 792 | 92,3 | 122,3 |
| TB_22_R1 | 6,09 | 3,52 | 483 | 663 | 85,0 | 141,5 |

Continua

Continuação

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_22_R2 | 6,46 | 3,73 | 441 | 523 | 98,7 | 190,2 |
| TB_22_R3 | 4,01 | 2,32 | 482 | 524 | 56,0 | 117,8 |
| TB_23_R1 | 5,31 | 3,07 | 404 | 543 | 88,6 | 150,6 |
| TB_23_R2 | 6,10 | 3,52 | 448 | 579 | 91,7 | 162,2 |
| TB_23_R3 | 5,71 | 3,30 | 509 | 502 | 75,6 | 175,2 |
| TB_24_R1 | 6,39 | 3,69 | 432 | 584 | 99,7 | 168,6 |
| TB_24_R2 | 4,07 | 2,35 | 464 | 578 | 59,1 | 108,4 |
| TB_24_R3 | 4,04 | 2,33 | 460 | 424 | 59,2 | 146,8 |
| TB_31_R1 | 6,92 | 4,00 | 428 | 589 | 108,9 | 180,9 |
| TB_31_R2 | 7,22 | 4,17 | 483 | 627 | 100,8 | 177,5 |
| TB_31_R3 | 6,29 | 3,63 | 440 | 603 | 96,4 | 160,7 |
| TB_32_R1 | 6,35 | 3,67 | 471 | 611 | 90,9 | 160,1 |
| TB_32_R2 | 7,38 | 4,26 | 446 | 591 | 111,5 | 192,4 |
| TB_32_R3 | 6,38 | 3,69 | 487 | 631 | 88,3 | 155,8 |
| TB_33_R1 | 5,75 | 3,32 | 521 | 557 | 74,4 | 159,0 |
| TB_33_R2 | 6,99 | 4,04 | 459 | 601 | 102,7 | 179,3 |
| TB_33_R3 | 6,61 | 3,84 | 436 | 633 | 102,6 | 161,6 |
| TB_34_R1 | 4,98 | 2,75 | 451 | 620 | 71,1 | 118,3 |
| TB_34_R2 | 6,35 | 3,68 | 564 | 753 | 76,1 | 130,4 |
| TB_34_R3 | 6,41 | 3,72 | 633 | 685 | 68,5 | 144,7 |
| TB_41_R1 | 5,26 | 3,05 | 726 | 673 | 49,0 | 120,9 |
| TB_41_R2 | 6,15 | 3,57 | 495 | 643 | 84,1 | 147,9 |
| TB_41_R3 | 6,20 | 3,60 | 682 | 669 | 61,6 | 143,4 |
| TB_42_R1 | 6,58 | 3,81 | 1260 | 744 | 35,3 | 136,6 |
| TB_42_R2 | 6,08 | 3,53 | 830 | 860 | 49,6 | 109,3 |
| TB_42_R3 | 5,37 | 3,12 | 925 | 630 | 39,3 | 131,9 |
| TB_43_R1 | 5,86 | 3,40 | 880 | 562 | 45,1 | 161,3 |
| TB_43_R2 | 5,63 | 3,25 | 903 | 583 | 42,0 | 148,7 |
| TB_43_R3 | 6,41 | 3,70 | 709 | 582 | 60,9 | 169,6 |
| TB_44_R1 | 4,27 | 2,47 | 728 | 644 | 39,5 | 102,2 |
| TB_44_R2 | 5,28 | 3,05 | 831 | 606 | 42,8 | 134,2 |
| TB_44_R3 | 5,27 | 3,05 | 785 | 626 | 45,3 | 129,7 |
| TB_51_R1 | 4,85 | 2,80 | 779 | 588 | 41,9 | 127,0 |
| TB_51_R2 | nd | 2,10 | 737 | 589 | 33,3 | 95,1 |
| TB_51_R3 | 3,64 | 1,80 | 678 | 540 | 31,0 | 88,8 |
| TB_52_R1 | 3,11 | 1,53 | 590 | 725 | 30,2 | 56,1 |
| TB_52_R2 | 2,64 | 1,30 | 610 | 597 | 24,8 | 57,9 |

Continua

Continuação

| Réplicas | MOT % | COT % | N total mg.kg ⁻¹ | P total mg.kg ⁻¹ | C/N molar | C/P molar |
|----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| TB_52_R3 | 2,24 | 1,36 | 626 | 633 | 25,4 | 57,5 |
| TB_53_R1 | 2,36 | 3,13 | 529 | 958 | 69,0 | 87,0 |
| TB_53_R2 | 5,41 | 2,96 | 602 | 606 | 57,3 | 130,2 |
| TB_53_R3 | 5,12 | 2,64 | 554 | 577 | 55,6 | 122,0 |
| TB_54_R1 | 4,57 | 2,06 | nd | 504 | - | 109,2 |
| TB_54_R2 | 3,57 | 1,62 | nd | 500 | - | 86,4 |
| TB_54_R3 | 2,80 | nd | nd | 677 | - | - |

Os resultados da aplicação do teste estatístico (ANOVA, $P < 0,05$) para a verificação da existência de diferenças estatísticas significativas nos parâmetros sedimentológicos (estrato de 5 - 10 cm) estão relacionados na tabela VII.8.1.3.3-2.

Quando se consideram todas as réplicas de todas as estações são observadas diferenças estatísticas significativas entre as concentrações de MOT e COT.

Tabela VII.8.1.3.3-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para parâmetros sedimentológicos entre réplicas de todas as estações (estrato de 5 - 10 cm) na área de Tubarão – Bacia de Santos - Tubarão.

| Elemento | Teste F | Probabilidade estatística ($P < 0,05$) |
|------------|--------------|--|
| MOT | 5,558 | 0,000004 |
| COT | 7,554 | 0,000000 |
| N total | 3,452 | 0,063289 |
| P total | 2,441 | 0,058686 |

As diferenças significativas estão marcadas em negrito.

Na tabela VII.8.1.3.3-3 estão relacionadas as estações onde foram observadas diferenças significativas entre as concentrações dos parâmetros sedimentológicos.

A MOT apresenta diferenças entre a estação TB_52 (média de 2,67%) significativamente inferior a média nas estações TB_11 (3,77%), TB_12 (5,64%), TB_13 (7,32%), TB_14 (7,72%), TB_21 (6,71%), TB_22 (5,52%), TB_23 (5,70%), TB_31 (6,81%), TB_32 (6,70%), TB_33 (6,45%), TB_34 (5,91%), TB_41 (5,87%), TB_42 (6,01%) e TB_43 (5,96%). A estação TB_53 (4,30%) é significativamente diferente das estações TB_13 (7,32%) e TB_14 (7,72%). A estação TB_54 (3,65%) tem média significativamente diferente das estações TB_13 (7,32%), TB_14 (7,72%), TB_31 (6,81%), TB_32 (6,70%) e TB_33 (6,45%). A estação TB_14 com média de 7,72% é também significativamente maior do que as estações TB_24 (4,83%) e TB_51 (4,24%).

O COT mostra diferenças significativas entre a estação TB_52 (média de 1,40%) significativamente menor do que as médias nas estações TB_11 (3,26%), TB_12 (3,50%), TB_13 (4,25%), TB_14 (4,48%), TB_21 (4,10%), TB_22 (3,19%), TB_23 (3,30%), TB_31 (3,93%), TB_32 (3,87%), TB_33 (3,73%), TB_34 (3,38%), TB_41 (3,41%), TB_42 (3,48%) e TB_43 (3,45%). A estação TB_54 (média de 1,84%) é significativamente diferente das estações TB_12 (3,50%), TB_13 (4,25%), TB_14 (4,48%), TB_21 (4,10%), TB_31 (3,93%), TB_32 (3,87%) e TB_33 (3,73%). A estação TB_51 (2,23%) é significativamente inferior as médias das estações TB_13 (4,25%), TB_14 (4,48%), TB_21 (4,10%), TB_31 (3,93%), TB_32 (3,87%) e TB_33 (3,73%). A estação TB_14 (4,48%) também é diferente significativamente das estações TB_24 (2,79%), TB_44 (2,85%) e TB_53 (2,91%).

Tabela VII.8.1.3.3-3 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de parâmetros sedimentológicos entre as estações na área de Tubarão - Bacia de Santos (estrato de 5 - 10 cm).

| | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 |
|-------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| TB_11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_24 | | | | MOT; COT | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_44 | | | | COT | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_51 | | | COT | MOT; COT | COT | | | | COT | COT | COT | | | | | | | | |
| TB_52 | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | | | | |
| TB_53 | | | MOT | MOT; COT | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_54 | | COT | MOT; COT | MOT; COT | COT | | | | MOT; COT | MOT; COT | MOT; COT | | | | | | | | |

Para N total não foi feito teste estatístico por falta de dados na estação TB_54

VII.8.1.3.4 - Comparação entre Estratos

Os resultados da aplicação do teste estatístico (ANOVA, $P < 0,05$), considerando todas as réplicas das amostras, nos três estratos mostram diferenças estatísticas significativas apenas para as concentrações de N total (tabela VII.8.1.3.4-1).

Tabela VII.8.1.3.4-1 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para parâmetros sedimentológicos, considerando todas as réplicas, entre os três estratos na área de Tubarão - Bacia de Santos - Tubarão.

| Elemento | Teste F | Probabilidade estatística ($P < 0,05$) |
|----------------|--------------|--|
| MOT | 0,82618 | 0,439427 |
| COT | 1,95088 | 0,145211 |
| N total | 7,497 | 0,000754 |
| P total | 0,180 | 0,835427 |

As diferenças significativas estão marcadas em negrito.

A média da concentração de N total no estrato de 0 - 2 cm ($657,6 \text{ mg kg}^{-1}$) é significativamente maior do que a média nos estratos de 2 - 5 cm ($566,3 \text{ mg kg}^{-1}$) e 5 - 10 cm ($586,9 \text{ mg kg}^{-1}$) (tabela VII.8.1.3.4-2).

Tabela VII.8.1.3.4-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de parâmetros sedimentológicos entre os estratos nas estações na área de Referência Centro - Bacia de Santos – RC-BS.

| Estratos | 0 - 2 cm | 2 - 5 cm |
|-----------|----------|----------|
| 0 - 2 cm | | |
| 2 - 5 cm | N total | |
| 5 - 10 cm | N total | |

N total indica o estrato no qual houve diferença significativa nos valores de nitrogênio total

Com relação ainda ao comportamento da razão C/N, ela tem sido usada para distinguir entre matéria orgânica sedimentar cuja origem esteja associada a plantas vasculares terrestres (altos valores, acima de 20) ou a algas marinhas (baixos valores, entre 4 e 10). Tal distinção, segundo Meyers (1993), surge a partir da abundância de celulose, de alta resistência a degradação, nas plantas vasculares e ausência nas algas, e as taxas mais baixas dessa razão se dá pelo fato da matéria orgânica algal ser rica em proteínas, portanto com maiores concentrações de nitrogênio e de menor resistência a degradação. Segundo Saito *et al* (1989), os valores de razão C/N entre 5 e 7 indicam material de origem pelágica e valores entre 8 e 12 representam uma mistura de material oriundo de plâncton marinho e plantas terrestres. Thornton & Mcmanus (1994) definiram razões C/N entre 9 e 19 como sendo indicadoras de condições mistas de matéria orgânica de origem terrestre e marinha. Meyers (1997) sugeriu uma razão C/N entre 4 e 10 para algas marinhas, enquanto valores maiores que 20 são típicos de plantas terrestres. Da mesma forma, Bonetti (2000) adotou valores inferiores a 6 para matéria orgânica de origem marinha e valores superiores a 20 como fonte de depósitos predominantemente terrígenos.

Assim, quando os sedimentos apresentam elevadas razões C/N, evidencia-se uma maior participação da matéria orgânica de origem continental no sistema, ao passo que baixas razões C/N significam uma dominância de matéria orgânica de origem marinha (Burone *et al*, 2003).

Bonetti (2000) encontrou razões C/N, no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente, variando entre 4 e 20, com os maiores valores nas regiões mais interiores do sistema estuarino. Barcellos (2005) observou valores entre 12 e 18, no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape – SP, identificando uma mistura de matéria orgânica de diferentes origens. Eichler (2001) no Canal de Bertioga – SP encontrou razão C/N superior a 20, indicativo de influência terrígena naquele ambiente.

Da mesma forma que a razão C/N, a razão C/P pode ser utilizada na determinação da origem da matéria orgânica presente nos sedimentos (RUTTENBERG & GOÑI, 1997). Ramirez & Rose (1992), mostram que a razão C/P apresenta uma larga faixa de variação: bactérias terrestres com C/P = 43; animais com C/P = 78; plantas com C/P = 790; fungos com C/P = 188 e matéria orgânica do solo com C/P = 108. Esses autores obtiveram valores da razão C/P para sedimentos marinhos, fluviais e solos, variando de 140 a 170.

De acordo com Lima (2000) a razão C/P pode ser indicativa do potencial de oxirredução dos sedimentos. Segundo o mesmo autor baixos valores da razão C/P podem inferir ambiente redutor em decorrência de elevada concentração de P_2O_5 , proveniente da matéria orgânica.

A figura VII.8.1.3.4-1 abaixo mostra que, dos parâmetros analisados MOT, COT, razão C/N e C/P não mostram padrão de distribuição definido. O N total mostra diminuição de concentração entre o estrato de 0 - 2 e 2 - 5 cm e aumento entre o estrato de 2 - 5 e 5 - 10 cm. O P total por outro lado mostra um padrão mais homogêneo ao longo do testemunho (estrato de 0 - 10 cm).

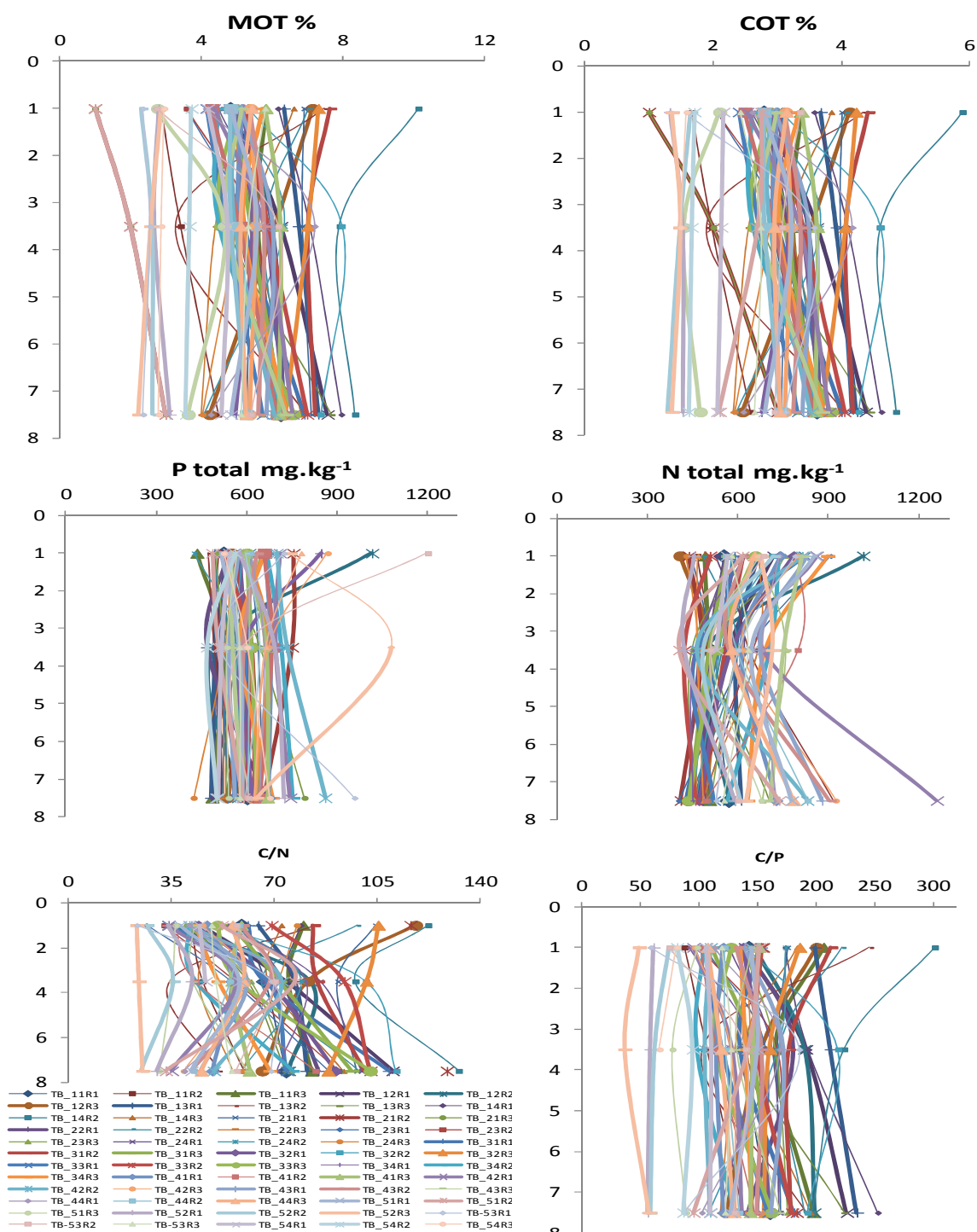


Figura VII.8.1.3.4-1 - Perfil de distribuição dos parâmetros sedimentológicos nos sedimentos da área de Tubarão - Bacia de Santos.

VII.8.1.4 - Comparação entre Tubarão e RS-BS

Os substratos encontrados em Tubarão e em RS-BS apresentam grande semelhança granulométrica e de conteúdo de CO_3^{2-} , como pode ser constatado na tabela VII.8.1.4-1.

Tabela VII.8.1.4-1 - Concentração média e desvio padrão dos parâmetros granulométricos e CO_3^{2-} , no estrato de 0 - 10 cm, nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos comparados aos valores encontrados na área de Referência Sul (RS-BS).

| | | | Classif Wentworth | Média e desvio | Grau de seleção | Assimetria | Curtose | CO ₃ ²⁻ (%) |
|-------|-----------|----|--------------------------|----------------|-----------------|------------|---------|-----------------------------------|
| TB | 0 a 10 cm | X | Areia média / Areia fina | 1,85 | MPS | P/AS | 0,80 | 31,4 |
| | | DP | - | 0,55 | - | - | 0,14 | 1,91 |
| RS-BS | 0 a 10 cm | X | Areia fina | 2,82 | MPS | P/MP | 0,94 | 32 |
| | | DP | - | 0,71 | - | - | 0,07 | 1,31 |

Grau de seleção: MPS - muito pobremente selecionado. Mediana = D_{50} (□□□□ Assimetria (Folk and Ward Method): P - positiva; AS – aproximadamente simétrica.

Com relação aos parâmetros descritores da matéria orgânica (tabela VII.8.1.4-2) observa-se que todos os parâmetros, com exceção do P total, apresentam valores mais altos em Tubarão (TB).

Tabela VII.8.1.4-2 - Concentração média e desvio padrão dos parâmetros descritores da matéria orgânica MOT, COT, N total, P total e razões C/N e C/P, por estrato nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos (n=20) comparados aos valores encontrados na área de Referência Sul (RS-BS).

| | | | MOT (%) | COT (%) | N total (mg.kg ⁻¹) | P total (mg Kg ⁻¹) | C/N | C/P |
|-------|-----------|----|------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|-------|
| TB | 0 a 2cm | X | 5,04 | 2,92 | 657,6 | 595,4 | 56,0 | 135,3 |
| | | DP | 1,47 | 0,83 | 138,4 | 120,4 | 23,7 | 46,7 |
| RS-BS | 0 a 2cm | X | 4,05 | 2,34 | 740,5 | 637,4 | 40,4 | 99 |
| | | DP | 0,87 | 0,50 | 194 | 133,9 | 17,2 | 21,1 |
| TB | 2 a 5 cm | X | 5,35 | 3,05 | 566,3 | 593,2 | 64,8 | 140,7 |
| | | DP | 1,29 | 0,75 | 91,1 | 94,5 | 17,3 | 38,5 |
| RS-BS | 2 a 5 cm | X | 4,23 | 2,45 | 656,9 | 651 | 46,7 | 100,6 |
| | | DP | 0,91 | 0,53 | 153,5 | 147,6 | 21,3 | 27,1 |
| TB | 5 a 10 cm | X | 5,66 | 3,29 | 586,9 | 5,66 | 71,9 | 148,2 |
| | | DP | 1,43 | 0,84 | 172,0 | 1,43 | 27,0 | 42,5 |
| RS-BS | 5 a 10 cm | X | 4,30 | 2,49 | 522,2 | 640 | 58,3 | 104,3 |
| | | DP | 0,91 | 0,53 | 104,7 | 152,4 | 19,4 | 27,4 |

VII.8.2 - Hidrocarbonetos

VII.8.2.1 - HPAs (Hidrocarbonetos Poliaromáticos)

Conforme apresentado na tabela VII.8.2.1-1 e nos anexos VII.8.2.1-1 e VII.8.2.1.1-1, em Tubarão não foram detectados nenhum dos 37 HPAs medidos, sendo as únicas exceções as estações TB_11 (0,07 mg.kg⁻¹) e TB_14 (0,01 mg.kg⁻¹), que apresentaram valores totais muito baixos.

A agência de Proteção Ambiental Canadense (Canadian Sediment Quality Guideline) considera o teor de $0,766 \text{ mg.kg}^{-1}$ (somatório de apenas 12 dos 16 HPAs) como teor orientador para sedimentos marinhos (CEQG, 2003). Por outro lado, a NOAA (National Oceanic and Atmosphere Agency) considera o teor de $1,684 \text{ mg.kg}^{-1}$ (somatório dos 16 HPAs) como valor orientador de threshold (TEL) para biota marinha (NOAA, 1999). É importante, no entanto, mencionar que o primeiro índice representa um valor orientador para o sedimento, que geralmente deve ser usado ao avaliar se um determinado sedimento está acima ou abaixo de um teor considerado “limite”. O segundo índice (TEL), por outro lado, considera o efeito desses compostos na biota marinha.

Portanto o somatório dos 37 HPAs medidos em todas as estações de Tubarão na Bacia de Santos é inferior ao valor orientador indicado pela Agência de Proteção Ambiental Canadense que considera a soma de apenas 12 dos 16 prioritários.

Tabela VII.8.2.1-1 - Valores médios de concentração (mg.kg^{-1}) de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) medidos nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos.

| HPAs/Estações | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 | TB 54 |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Naftaleno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| 2-Metilnaftaleno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| 1-Metilnaftaleno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C2-Naftalenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C3-Naftalenos | nd | nd | nd | 0,01 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C4-Naftalenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Acenaftileno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Acenafteno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Fluoreno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C1-Fluorenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C2-Fluorenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C3-Fluorenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Dibenzotiofeno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C1-Dibenzotiofenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C2-Dibenzotiofenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C3-Dibenzotiofenos | 0,07 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Fenantreno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C1-Fenantrenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C2-Fenantrenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C3-Fenantrenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |

Continua

Continuação

| HPAs/Estações | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 | TB 54 |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| C4-Fenantrenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Antraceno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Fluoranteno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Pireno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C1-Pirenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C2-Pirenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Benzo(a)antraceno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Criseno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C1-Crisenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| C2-Crisenos | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Benzo(b)fluoranteno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Benzo(k)fluoranteno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Benzo(a)pireno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Perileno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Indeno(123-cd)pireno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Dibenzo(a,h)antraceno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Benzo(ghi)perileno | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| Σ HPAs (mg.kg ⁻¹) | 0,07 | nd | nd | 0,01 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |

VII.8.2.2 - Hidrocarbonetos Alifáticos (*n*-Alcanos, HTPs e MCNR)

As concentrações médias dos hidrocarbonetos totais de petróleo (HTPs), mistura complexa não resolvida (MCNR), *n*-alcanos de *n*-C₅ a *n*-C₄₀, pristano e fitano estão relacionadas na tabela VII.8.2.2-1 e nos anexos VII.8.2.2-1, VII.8.2.2.2-1, VII.8.2.2-2, VII.8.2.2-3 e VII.8.2.2-4.

As concentrações médias dos HTPs são muito baixas e variaram de não detectado (nd) na estação TB_42 a 447,0 mg.kg⁻¹ na estação TB_11. A mistura complexa não resolvida (MCNR) apresentou valores médios de concentração baixos variando de 0,3 mg.kg⁻¹ nas estações TB_33 e TB_42 a 426,0 mg.kg⁻¹ na estação TB_11.

O Somatório dos *n*-alcanos (*n*-C₅ a *n*-C₄₀ - pristano e fitano não fazem parte do somatório) por amostra variou de 16 µg.kg⁻¹ (TB_21) a 744 µg.kg⁻¹ (TB_11). Em relação aos *n*-alcanos individuais apesar de não ocorrer predomínio de determinado intervalo, nas estações TB_11 e TB_14, ocorrem totais acima de 200 µg.kg⁻¹ com *n*-alcanos distribuídos entre *n*-C₁₆ a *n*-C₃₀.

Se organismos terrestres e marinhos sintetizam predominantemente *n*-alcanos de cadeias ímpares e os hidrocarbonetos oriundos de petróleo não apresentam preferência entre *n*-alcanos de cadeias ímpares ou pares (VOLKMAN *et al.*, 1992), valores de IPC (índice de preferência de carbono), que considera a razão ímpar/par, próximos a 1 sugerem presença de hidrocarbonetos de origem petrogênica, enquanto valores superiores a 1 indicam presença de hidrocarbonetos biogênicos (COIMBRA, 2006). Neste sentido, o conhecimento das razões ímpar/par, aliado ao fato de que organismos marinhos produzem *n*-alcanos de cadeias ímpares curtas de baixo peso molecular, *n*-C₁₅ a *n*-C₂₁, enquanto plantas superiores exibem *n*-alcanos de cadeias ímpares longas de alto peso molecular, *n*-C₂₃ a *n*-C₃₃, conforme já mencionado, pode ser uma importante ferramenta na identificação da origem desses compostos nos sedimentos.

Nas 15 estações onde foi possível calcular os valores de IPC que variaram de 0,11 a 11,40 com valores acima de 1,0, na maioria delas.

Pristano (C_{19}) e fitano (C_{20}) são constituintes comuns de sedimentos jovens (Meyers, 2003). Por frequentemente estarem presentes no petróleo são bons indicadores de contaminação por óleo (Volkman *et al.*, 1992). Entretanto também existem fontes naturais destes compostos, fazendo com que seu uso como indicador de contaminação por petróleo deva ser acompanhado por outros indicadores.

Tabela VII.8.2.2-1 - Valores médios de concentração ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) dos n-alcenos, HTPs (mg.kg^{-1}) e MCNR (mg.kg^{-1}) medidos nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos.

| n-alcenos/estações | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 | TB 54 |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n-C5 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C6 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C7 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C8 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C9 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C10 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C11 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C12 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C13 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C14 | 2 | nd | nd | 2 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 2 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C15 | 3 | nd | nd | 2 | nd | 2 | 7 | 2 | nd | nd | 2 | nd | 9 | nd | nd | 7 | nd | nd | 14 | nd |
| n-C16 | 14 | nd | nd | 9 | nd | nd | 4 | 4 | nd | nd | nd | nd | 8 | nd | nd | 2 | nd | nd | 3 | nd |
| n-C17 | 31 | nd | nd | 26 | nd | 2 | 6 | 6 | nd | nd | 2 | nd | 7 | nd | 2 | 2 | nd | nd | 3 | 3 |
| Pristano | 19 | nd | nd | 17 | nd | 2 | 2 | 3 | nd | nd | nd | nd | 4 | nd | nd | 2 | nd | nd | 2 | nd |
| n-C18 | 75 | nd | 2 | 63 | 2 | nd | 9 | 8 | nd | nd | 2 | nd | 12 | nd | nd | 5 | nd | nd | 13 | nd |
| Fitano | 52 | nd | nd | 47 | nd | nd | 4 | 3 | nd | nd | nd | nd | 4 | nd | nd | 2 | nd | nd | 7 | 2 |
| n-C19 | 97 | nd | nd | 21 | nd | nd | nd | 3 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 4 | nd |
| n-C20 | 79 | nd | 3 | 73 | 2 | nd | 5 | 6 | nd | nd | nd | nd | 8 | nd | nd | 2 | nd | nd | 2 | nd |
| n-C21 | 60 | nd | 2 | 8 | nd | 2 | nd | 2 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C22 | 42 | nd | nd | 9 | nd | nd | 2 | 2 | nd | nd | nd | nd | 5 | nd | nd | 2 | nd | nd | 2 | nd |
| n-C23 | 18 | nd | nd | 6 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 2 | nd | nd | nd |
| n-C24 | 18 | nd | nd | 2 | nd | nd | 7 | nd | nd | nd | 2 | nd | 6 | nd | nd | 4 | nd | nd | 3 | nd |

Continua

Continuação

| n-alcanos/estações | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 | TB 54 |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n-C25 | 10 | nd | nd | 8 | nd | 2 | nd | 2 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C26 | 9 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 5 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C27 | 44 | nd | nd | 9 | nd | 2 | nd | 2 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 3 |
| n-C28 | 32 | nd | nd | 5 | nd | 2 | 2 | 2 | nd | nd | nd | nd | 6 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C29 | 27 | 2 | nd | 10 | 2 | nd | 3 | 8 | 2 | 3 | 2 | 3 | nd | nd | 2 | 3 | 2 | 2 | 5 | 8 |
| n-C30 | 26 | nd | nd | nd | 2 | 3 | nd | 4 | 2 | 2 | nd | 2 | 6 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 3 |
| n-C31 | 38 | 8 | 7 | 15 | 6 | 19 | 9 | 20 | 9 | 10 | 2 | 10 | 3 | 3 | 8 | 3 | 10 | 8 | 14 | 26 |
| n-C32 | 2 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 7 | 9 | 2 | 6 | 34 | nd | nd | nd |
| n-C33 | 2 | 5 | 2 | nd | nd | nd | nd | 6 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 6 | 15 | nd | nd | nd |
| n-C34 | nd | nd | nd | 2 | nd | 2 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 5 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C35 | 8 | 2 | 2 | 10 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 2 | nd | 11 |
| n-C36 | 39 | 17 | 21 | 12 | 3 | 16 | 60 | 33 | 18 | 12 | 17 | 3 | 57 | 7 | 17 | 38 | 9 | 16 | 35 | 17 |
| n-C37 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C38 | 4 | nd | 2 | nd | nd | 2 | nd | nd | nd | 2 | nd | nd | 4 | nd | 2 | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C39 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd |
| n-C40 | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 2 | nd | nd | nd | 2 | nd | nd | nd |
| HTP | 447 | 2,7 | 4,3 | 170,3 | 4 | 3 | 4,3 | 6 | 2,3 | 2 | 0,3 | 1 | 1,7 | nd | 1 | 3,3 | 0,3 | 1,7 | 2 | 3,7 |
| MNCR | 426 | 1 | 3 | 168 | 3,3 | 1,7 | 1,3 | 3,7 | 0,7 | 1 | 0,3 | 0,7 | 0,7 | 0,3 | 0,7 | 1,3 | 0,7 | 1,3 | 0,7 | 2 |
| Totais | 744 | 33 | 40 | 355 | 16 | 53 | 119 | 114 | 30 | 29 | 27 | 19 | 160 | 19 | 32 | 83 | 73 | 28 | 107 | 74 |
| Pares | 343 | 17 | 28 | 174 | 8 | 25 | 88 | 58 | 20 | 15 | 20 | 5 | 131 | 16 | 20 | 58 | 44 | 16 | 58 | 20 |
| Ímpares | 401 | 19 | 16 | 310 | 11 | 28 | 27 | 53 | 13 | 16 | 5 | 15 | 16 | 3 | 12 | 19 | 29 | 13 | 32 | 57 |
| Impar/par | 1,17 | 1,14 | 0,59 | 1,79 | 1,36 | 1,15 | 0,3 | 0,92 | 0,66 | 1,02 | 0,26 | 2,93 | 0,13 | 0,21 | 0,61 | 0,33 | 0,65 | 0,82 | 0,55 | 2,87 |
| Pristano/Fitano | 0,37 | - | - | 0,36 | - | - | 0,42 | 1 | - | - | - | - | 0,92 | - | - | 1 | - | - | 0,23 | nd |
| IPC | 1,58 | - | - | 6,35 | 4,4 | 3,85 | 4,41 | 6,47 | 6,4 | 8,2 | - | 8,2 | 0,11 | 0,38 | 5,8 | 1,75 | 0,79 | - | - | 11,4 |

Existem duas fontes naturais principais de pristano (MEYERS, 2003): pré-processamento do fitol da clorofila *a* por herbívoros planctônicos (TISSOT & WELT, 1984) e erosão de rochas sedimentares que contem pristano retido durante o processo de diagênese. Bactérias metanogênicas constituem importante fonte de fitano para o ambiente (RISATTI *et al.*, 1984) e, desta forma o fitano pode ser considerado um registro da metanogênese no fundo de ambientes lacustres (MEYERS, 2003). Segundo Mendes (2007) a simples presença do fitano pode indicar presença de óleo.

Naquelas estações onde foi possível calcular (todos os dados acima do limite de detecção), a razão pristano/fitano apresentou, em sua maioria, valores entre 0,23 e 1,0 (tabela VII.8.2.2-1).

Como esses compostos não fazem parte da maior parte da biota terrestre podem ser usados como indicadores das condições de oxi-redução durante o processo de sedimentação da matéria orgânica (MELLO *et al.*, 1988). Isto significa dizer que o pristano se forma sob condições oxidantes e o fitano sob condições redutoras. Portanto a razão pristano/fitano pode se indicadora de condições paleoambientais de deposição da matéria orgânica (MELLO *et al.*, 1988).

VII.8.2.3 - Comparação entre Tubarão e RS-BS

O conteúdo de matéria orgânica total apresenta faixa de variação mais elevada na área de Tubarão quando comparada à RS-BS (tabela VII.8.2.3-1). Além de apresentar maior faixa de valores, a área de Tubarão também apresenta maiores valores de IPC (Índice Preferencial de Carbono) do que a área de Referência Sul (RS-BS).

A razão impar/par em Tubarão apresenta oito estações com valores acima de 1,00 e 12 com valores abaixo de 1,00, sendo o menor valor foi obtido na estação TB_41 (0,13) e o maior na estação TB_34 (2,93).

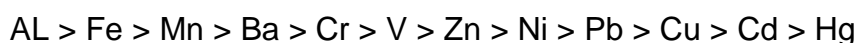
Apesar de não ter sido possível calcular a razão pristano/fitano na maioria das estações em ambas as áreas, em Tubarão ocorre faixa de variação menor do que em RS-BS (tabela VII.8.2.3-1).

Tabela VII.8.2.3-1 - Comparação de Valores de alguns índices e parâmetros para determinação da origem de hidrocarbonetos nas áreas de Tubarão e RS-BS.

| Parâmetros | Tubarão | RS-BS |
|--------------------|-------------|-------------|
| MOT % | nd – 10,14 | 2,4 - 2,7 |
| IPC | nd – 7,6 | 2 - 5 |
| Pristano/Fitano | 0,23 – 1,0 | 0,50 – 3,20 |
| Total de n-Alcanos | 19 – 744 | 506 - 1347 |
| Impar/par | 0,13 – 2,93 | 0,94 – 2,06 |
| HTP | 0,33 - 447 | 5,33 - 11 |
| MCNR | 0,33 - 426 | 1,67 – 4,67 |

VII.8.3 - Metais

Os resultados das concentrações dos metais analisadas no estrato 0 - 2 cm encontram-se relacionados na tabela VII.8.3-1 e anexo VII.8.2-1. Os sedimentos marinhos desta área apresentaram a seguinte ordem decrescente de abundância para os teores médios de metais totais:



O alumínio (Al) apresentou faixa de variação de 20.611 mg.kg⁻¹ na estação TB_21_R2 a 43.577 mg.kg⁻¹ na TB_23_R2. Para o ferro (Fe) a faixa de variação foi de 16.399 mg.kg⁻¹ na estação TB_12_R3 a 27.320 mg.kg⁻¹ na estação TB_44_R2. O manganês (Mn) apresentou faixa de variação de 243,3 mg.kg⁻¹ na estação TB_11_R2 a 1.451,1 mg.kg⁻¹ na estação TB_52_R2. O bário (Ba) variou de 101 mg.kg⁻¹ na estação TB_42_R3 a 7.038 mg.kg⁻¹ na estação TB_11_R3.

O vanádio (V) apresentou faixa de variação de 30 mg.kg^{-1} na estação TB_11_R3 a 54 mg.kg^{-1} nas estações TB_44_R2 e TB_52_R2. As concentrações de zinco (Zn) variam de nd (não detectado) na estação TB_12_R1 a 77 mg.kg^{-1} na estação TB_11_R2. O cromo (Cr) variou de $38,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_11_R3 a $62,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_42_R2.

O níquel (Ni) variou de $7,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_11_R3 a $16,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_52_R2. O cobre (Cu) variou de $12,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_12_R3 a $10,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_34_R1 e TB_34_R2. O chumbo (Pb) apresentou faixa de variação de $4,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_12_R3 a $28,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_11_R2. O cádmio (Cd) apresentou faixa de concentrações entre $0,30 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_42_R3 a $9,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ na estação TB_44_R1 e o mercúrio (Hg) variou de nd na maioria das estações a $0,04 \text{ mg.kg}^{-1}$ nas estações TB_21_R1 e TB_43_R2.

Entre os metais analisados, Al, Fe, Mn, Ba e V não possuem valores de referência TEL e PEL, nem nos níveis de referência da Resolução CONAMA 344/2004.

Dentre os metais analisados, Cr e Cd apresentam concentrações médias muito próximas ou acima do limite estabelecido como valor limiar de referência possível de efeitos (TEL). No caso do Cd, se forem consideradas todas as réplicas individualmente, as concentrações nas estações TB_44_R1 ($9,70 \text{ mg.kg}^{-1}$) e TB_51_R2 ($8,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) estão acima do nível de referência PEL (tabela VII.8.3-1).

Deve-se ressaltar que as concentrações medidas nos sedimentos de Tubarão na Bacia de Santos referem-se à concentração total, sem avaliação da fração do metal capaz de produzir resposta tóxica. A fração dos metais nos sedimentos considerada biodisponível é aquela que se encontra na fase dissolvida, ou seja, na água intersticial. Assim, sedimentos ricos em sólidos que retêm os metais de interesse sob formas pouco solúveis, não devem produzir respostas toxicológicas ou reações brandas (DI TORO *et al.*, 1992). A distribuição dos metais entre sedimento e água intersticial é controlada, basicamente, pela presença de partículas finas, pela quantidade e qualidade da matéria orgânica e pela produção

de sulfetos. A degradação microbiana aliada à grande quantidade de matéria orgânica no sedimento geralmente remove todo o oxigênio molecular abaixo da camada superficial, criando condições ideais para a redução do sulfato a sulfeto (HARBISON, 1986).

Segundo Di Toro *et al.* (1992), a razão molar MSE/SVA (MSE representa a soma das concentrações dos metais extraídos simultaneamente aos sulfetos volatilizáveis por acidificação) pode auxiliar na avaliação da biodisponibilidade destes metais no sedimento. Para valores desta razão inferiores a 1, o sedimento não apresenta toxicidade aguda. Estudos mostram que a mortalidade de espécies aumenta com a razão molar na faixa entre 1,5 e 2,5 (CASAS & CRESELIUS, 1994).

Tabela VII.8.3-1 - Concentração total por réplicas, média e desvio padrão de concentração de metais nos sedimentos coletados na área de Tubarão - Bacia de Santos, comparadas aos seus respectivos níveis de referência TEL (valor limiar de efeito), e PEL (valor acima do qual efeito provável) e valores referentes aos níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA 344 de 2004.

| Réplicas | Al mg.kg ⁻¹ | Fe mg.kg ⁻¹ | Mn mg.kg ⁻¹ | Ba mg.kg ⁻¹ | V mg.kg ⁻¹ | Zn mg.kg ⁻¹ | Cr mg.kg ⁻¹ | Ni mg.kg ⁻¹ | Cu mg.kg ⁻¹ | Pb mg.kg ⁻¹ | Cd mg.kg ⁻¹ | Hg mg.kg ⁻¹ |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| TB_11_R1 | 21.414 | 17.666 | 337,8 | 5.714 | 34 | 34,2 | 43 | 7,6 | 3,7 | 14,5 | 0,4 | nd |
| TB_11_R2 | 24.031 | 18.697 | 243,3 | 5.126 | 38 | 77 | 44,2 | 8,8 | 6,2 | 28,4 | 0,5 | nd |
| TB_11_R3 | 23.728 | 16.545 | 310,4 | 7.038 | 30 | 33,2 | 38,1 | 7 | 3,5 | 12,3 | 0,4 | nd |
| TB_12_R1 | 27.874 | 21.237 | 982,1 | 218 | 43 | nd | 51,4 | 12 | 5,6 | 7,9 | 0,5 | nd |
| TB_12_R2 | 23.876 | 18.916 | 499 | 133 | 35 | 26,5 | 45,2 | 9 | 3,8 | 5,4 | 0,4 | nd |
| TB_12_R3 | 23.210 | 16.399 | 283,1 | 104 | 31 | 22 | 40,5 | 7,4 | 2,8 | 4,5 | 0,4 | nd |
| TB_13_R1 | 28.565 | 18.822 | 554,3 | 212 | 37 | 29,9 | 44,3 | 10,4 | 4,9 | 5,8 | 0,4 | nd |
| TB_13_R2 | 24.442 | 17.211 | 568,2 | 146 | 44 | 39,1 | 40,7 | 12,8 | 4 | 5,2 | 0,4 | nd |
| TB_13_R3 | 35.754 | 23.621 | 1079,4 | 292 | 44 | 39,1 | 52,6 | 12,8 | 6,5 | 8 | 0,5 | nd |
| TB_14_R1 | 28.726 | 21.334 | 435,2 | 1.224 | 40 | 37,3 | 48,9 | 10,6 | 5,7 | 8,8 | 0,5 | nd |
| TB_14_R2 | 25.259 | 19.233 | 417 | 1.606 | 37 | 35,5 | 46,3 | 9,3 | 4,8 | 6,8 | 0,4 | nd |
| TB_14_R3 | 24.615 | 18.831 | 431 | 1.028 | 37 | 30,3 | 46,4 | 9,7 | 4,7 | 7,5 | 0,4 | nd |
| TB_21_R1 | 22.901 | 18.755 | 332,4 | 186 | 35 | 24,9 | 44,4 | 8,8 | 3,4 | 5,8 | 0,5 | 0,04 |
| TB_21_R2 | 20.611 | 17.670 | 342,6 | 263 | 34 | 22,6 | 43,6 | 8,7 | 3,1 | 6,9 | 0,4 | nd |
| TB_21_R3 | 28.291 | 20.816 | 514,1 | 343 | 39 | 30,6 | 46 | 10,8 | 4,8 | 6,2 | 0,4 | 0,03 |
| TB_22_R1 | 27.094 | 18.905 | 444,1 | 110 | 35 | 27,9 | 44 | 9,5 | 4,3 | 5,1 | 0,4 | nd |
| TB_22_R2 | 24.747 | 18.100 | 452,8 | 103 | 35 | 25,8 | 43,4 | 9,5 | 3,8 | 4,9 | 0,4 | nd |
| TB_22_R3 | 35.450 | 22.113 | 899 | 141 | 41 | 33,6 | 50,3 | 11,4 | 5,3 | 7,1 | 0,4 | nd |

Continua

Continuação

| Réplicas | Al mg.kg ⁻¹ | Fe mg.kg ⁻¹ | Mn mg.kg ⁻¹ | Ba mg.kg ⁻¹ | V mg.kg ⁻¹ | Zn mg.kg ⁻¹ | Cr mg.kg ⁻¹ | Ni mg.kg ⁻¹ | Cu mg.kg ⁻¹ | Pb mg.kg ⁻¹ | Cd mg.kg ⁻¹ | Hg mg.kg ⁻¹ |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| TB_23_R1 | 43.090 | 26.177 | 1.190,2 | 190 | 48 | 41,7 | 57,1 | 13,7 | 7 | 7,4 | 0,5 | nd |
| TB_23_R2 | 43.577 | 24.878 | 1.117,4 | 171 | 47 | 43,4 | 54,7 | 14 | 7,3 | 6,5 | 0,5 | nd |
| TB_23_R3 | 38.572 | 24.985 | 933,5 | 194 | 47 | 39,2 | 56 | 13,2 | 6,2 | 8 | 0,6 | nd |
| TB_24_R1 | 37.630 | 24.557 | 782,1 | 496 | 47 | 39,2 | 56 | 13,2 | 6,4 | 7,8 | 0,6 | nd |
| TB_24_R2 | 34.820 | 23.406 | 700,7 | 509 | 44 | 36,1 | 54 | 12,5 | 5,9 | 6,7 | 0,5 | 0,03 |
| TB_24_R3 | 26.277 | 20.004 | 493,8 | 307 | 39 | 28,6 | 50,1 | 10,8 | 4,3 | 5,8 | 0,5 | nd |
| TB_31_R1 | 33.272 | 23.064 | 752,2 | 232 | 45 | 37,6 | 53,2 | 13,2 | 6 | 7,3 | 0,6 | nd |
| TB_31_R2 | 38.157 | 26.585 | 823,7 | 297 | 51 | 42 | 59,1 | 14,6 | 7 | 7,8 | 0,6 | nd |
| TB_31_R3 | 32.630 | 23.258 | 775,2 | 154 | 45 | 34,9 | 54,7 | 12,9 | 5,5 | 7 | 0,5 | nd |
| TB_32_R1 | 38.183 | 24.584 | 1.026,9 | 142 | 49 | 41,8 | 58,6 | 14,8 | 7,3 | 7,8 | 0,5 | nd |
| TB_32_R2 | 38.939 | 25.410 | 1.044,7 | 145 | 51 | 43,2 | 59,5 | 15,3 | 7,5 | 7,7 | 0,6 | nd |
| TB_32_R3 | 31.944 | 23.370 | 670,5 | 117 | 45 | 35,3 | 55,1 | 13 | 5,6 | 6,5 | 0,5 | nd |
| TB_33_R1 | 41.781 | 24.967 | 1.043,9 | 186 | 51 | 45,5 | 58,4 | 15,5 | 8,1 | 8,2 | 0,6 | nd |
| TB_33_R2 | 31.749 | 21.376 | 455,5 | 119 | 41 | 31,7 | 51,5 | 11,5 | 5 | 5,4 | 0,5 | nd |
| TB_33_R3 | 41.052 | 25.428 | 835,5 | 164 | 48 | 42 | 57,1 | 14,3 | 7,3 | 7,3 | 0,6 | nd |
| TB_34_R1 | 38.176 | 25.890 | 1.018 | 236 | 50 | 54,5 | 59,8 | 15 | 10,7 | 7,9 | 0,6 | nd |
| TB_34_R2 | 38.894 | 25.890 | 1.018 | 236 | 50 | 54,5 | 59,8 | 15 | 10,7 | 7,9 | 0,6 | nd |
| TB_34_R3 | 34.132 | 22.381 | 698,6 | 188 | 43 | 36,3 | 53,2 | 13,1 | 6,3 | 7,1 | 0,5 | 0,03 |
| TB_41_R1 | 29.646 | 21.399 | 574,2 | 125 | 42 | 32,4 | 52,6 | 12,2 | 4,9 | 6,1 | 0,5 | nd |
| TB_41_R2 | 31.991 | 23.943 | 632,4 | 134 | 45 | 39 | 56,5 | 13,4 | 6 | 7,3 | 0,6 | nd |
| TB_41_R3 | 36.554 | 24.008 | 601,3 | 146 | 44 | 35,3 | 53,5 | 13,2 | 5,5 | 6,2 | 0,5 | nd |

Continua

Continuação

| Réplicas | Al mg.kg ⁻¹ | Fe mg.kg ⁻¹ | Mn mg.kg ⁻¹ | Ba mg.kg ⁻¹ | V mg.kg ⁻¹ | Zn mg.kg ⁻¹ | Cr mg.kg ⁻¹ | Ni mg.kg ⁻¹ | Cu mg.kg ⁻¹ | Pb mg.kg ⁻¹ | Cd mg.kg ⁻¹ | Hg mg.kg ⁻¹ |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| TB_42_R1 | 34.449 | 24.353 | 927,1 | 115 | 49 | 39,6 | 58,9 | 14,6 | 6,6 | 8 | 0,6 | nd |
| TB_42_R2 | 40.712 | 26.298 | 1247 | 133 | 51 | 43,3 | 62,3 | 15,6 | 7,3 | 7,4 | 0,6 | nd |
| TB_42_R3 | 26.938 | 24.480 | 745,2 | 101 | 48 | 37,1 | 51,2 | 13,9 | 5,7 | 7,8 | 0,3 | nd |
| TB_43_R1 | 28.733 | 23.154 | 873,1 | 140 | 49 | 44 | 46,8 | 14,6 | 7,9 | 9,4 | 0,4 | nd |
| TB_43_R2 | 28.970 | 25.030 | 980,6 | 144 | 52 | 45,8 | 51,1 | 16,2 | 7,9 | 9,4 | 0,4 | 0,04 |
| TB_43_R3 | 29.829 | 24.614 | 999 | 158 | 52 | 46,6 | 50 | 16,2 | 8,3 | 9,3 | 0,4 | nd |
| TB_44_R1 | 35.524 | 25.884 | 980,3 | 263 | 52 | 47,9 | 51,9 | 15,5 | 8,4 | 9,7 | 9,7 | nd |
| TB_44_R2 | 41.327 | 27.320 | 1.215,5 | 242 | 54 | 50,5 | 55,8 | 16,6 | 9 | 9,7 | 0,5 | nd |
| TB_44_R3 | 30.652 | 23.446 | 1.215,5 | 150 | 46 | 36,9 | 50,9 | 13 | 6,1 | 7,4 | 0,4 | nd |
| TB_51_R1 | 29.332 | 22.101 | 932,3 | 178 | 46 | 42,6 | 47,1 | 14,2 | 7,6 | 9,3 | 0,5 | nd |
| TB_51_R2 | 29.474 | 21.833 | 592,9 | 172 | 45 | 41,7 | 48,2 | 13,5 | 7,5 | 8 | 8 | nd |
| TB_51_R3 | 32.186 | 24.280 | 1.095,7 | 193 | 49 | 45,4 | 52,3 | 15,1 | 8,3 | 9,2 | 0,5 | nd |
| TB_52_R1 | 27.831 | 23.429 | 972,7 | 122 | 48 | 40,1 | 54 | 14 | 7,1 | 8 | 0,5 | nd |
| TB_52_R2 | 32.529 | 26.722 | 1.451,1 | 140 | 54 | 47,8 | 60,1 | 16,7 | 9 | 10 | 0,5 | nd |
| TB_52_R3 | 28.104 | 23.167 | 412,5 | 104 | 45 | 35,1 | 51,1 | 12,5 | 6 | 8 | 0,5 | nd |
| TB_53_R1 | 30.893 | 25.555 | 1.276,2 | 147 | 50 | 45,4 | 57,5 | 15,9 | 8,4 | 9,5 | 0,6 | nd |
| TB_53_R2 | 27.481 | 22.612 | 579,4 | 130 | 45 | 37,7 | 52,9 | 13,4 | 6,6 | 8,3 | 0,5 | nd |
| TB_53_R3 | 36.624 | 24.612 | 1.224,5 | 155 | 50 | 45,6 | 59,2 | 16,3 | 7,9 | 8,7 | 0,6 | nd |
| TB_54_R1 | 28.203 | 22.303 | 897,6 | 176 | 50 | 45,6 | 50,3 | 13,7 | 7,3 | 7,2 | 0,5 | nd |
| TB_54_R2 | 28.631 | 21.908 | 1.016,2 | 187 | 42 | 36,7 | 48,8 | 12,6 | 7 | 11,5 | 0,5 | nd |
| TB_54_R2 | 27.100 | 24.605 | 877 | 165 | 47 | 37,5 | 54 | 15,1 | 6,3 | 8 | 0,6 | nd |

Continua

Continuação

| Réplicas | Al mg.kg ⁻¹ | Fe mg.kg ⁻¹ | Mn mg.kg ⁻¹ | Ba mg.kg ⁻¹ | V mg.kg ⁻¹ | Zn mg.kg ⁻¹ | Cr mg.kg ⁻¹ | Ni mg.kg ⁻¹ | Cu mg.kg ⁻¹ | Pb mg.kg ⁻¹ | Cd mg.kg ⁻¹ | Hg mg.kg ⁻¹ |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Média | 31452,9 | 22635,6 | 780,4 | 529,8 | 44,4 | 38,9 | 51,6 | 12,8 | 6,29 | 8,08 | 0,77 | 0,003 |
| DP | 5909,6 | 2873,6 | 301,4 | 1295,3 | 6,0 | 8,8 | 5,7 | 2,5 | 1,8 | 3,2 | 1,5 | 0,010 |
| TEL | - | - | - | - | - | 124 | 52 | 16 | 19 | 30 | 0,7 | 0,10 |
| PEL | - | - | - | - | - | 271 | 160 | 43 | 108 | 112 | 4,2 | 0,70 |
| CONAMA 344/2004-1 | - | - | - | - | - | 150 | 81 | 30,9 | 34 | 46,7 | 1,2 | 0,15 |
| CONAMA 344/2004-2 | - | - | - | - | - | 410 | 370 | 51,6 | 270 | 218 | 9,6 | 0,71 |

Os resultados do teste estatístico (ANOVA, $P < 0,05$, $n=60$) aplicado ao conjunto de dados dos teores totais de metais estão relacionados na tabela VII.8.3-2. O Al, Fe, Mn, Ba, V, Cr, Ni, Cu e Pb foram os que apresentaram diferenças estatísticas significativas.

Tabela VII.8.3-2 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$) para concentrações de metais entre réplicas de todas as estações (estrato de 0 - 2 cm) em Tubarão.

| Elemento | Teste F | Probabilidade estatística ($P < 0,05$) |
|-----------|----------------|--|
| Al | 4,717 | 0,000018 |
| Fe | 5,732 | 0,000002 |
| Mn | 3,0822 | 0,001343 |
| Ba | 93,8566 | 0,00 |
| V | 6,996 | 0,000000 |
| Zn | 0,7485 | 0,748066 |
| Cr | 6,26 | 0,000001 |
| Ni | 8,920 | 0,000000 |
| Cu | 5,020 | 0,000009 |
| Pb | 4,3251 | 0,000048 |
| Cd | 0,93640 | 0,546812 |

As diferenças significativas estão marcadas em negrito. Hg não foi possível por apresentar muitos casos nd.

O alumínio apresentou diferenças entre a estação TB_23, com média de 41.746 mg.kg⁻¹, significativamente superior a média nas estações TB_11 (23.058 mg.kg⁻¹), TB_12 (24.987 mg.kg⁻¹), TB_14 (26.200 mg.kg⁻¹), TB_21 (23.934 mg.kg⁻¹), TB_22 (29.097 mg.kg⁻¹), TB_42 (34.033 mg.kg⁻¹) e TB_5 (27.978 mg.kg⁻¹). As estações TB_32 (36.355 mg.kg⁻¹), TB_33 (38.194 mg.kg⁻¹) e TB_34 (37.067 mg.kg⁻¹) são significativamente diferentes das estações TB_11 (23.058 mg.kg⁻¹) e TB_21 (23.934 mg.kg⁻¹). A estação TB_33 (38.194 mg.kg⁻¹) é significativamente maior do que a estação TB_12 (24.987 mg.kg⁻¹). A estação TB_44 (35.834 mg.kg⁻¹) é significativamente diferente da TB_11 (23.058 mg.kg⁻¹).

O ferro apresenta diferenças entre a estação TB_11 (média de 17.636 mg.kg⁻¹), com as estações TB_23 (25.347 mg.kg⁻¹), TB_31 (24.302 mg.kg⁻¹), TB_32 (24.455 mg.kg⁻¹), TB_33 (23.924 mg.kg⁻¹), TB_34 (24.720 mg.kg⁻¹), TB_42 (25.044 mg.kg⁻¹), TB_43 (24.266 mg.kg⁻¹), TB_44

(25.550 mg.kg⁻¹), TB_52 (24.439 mg.kg⁻¹) e TB_53 (24.260 mg.kg⁻¹). A estação TB_12 (18.851 mg.kg⁻¹) é significativamente diferente das estações TB_23 (25.347 mg.kg⁻¹), TB_32 (24.455 mg.kg⁻¹), TB_34 (24.720 mg.kg⁻¹), TB_42 (25.044 mg.kg⁻¹) e TB_44 (25.550 mg.kg⁻¹). A estação TB_21 (média de 19.080 mg.kg⁻¹) é significativamente menor do que as médias das estações TB_23 (25.347 mg.kg⁻¹), TB_34 (24.720 mg.kg⁻¹), TB_42 (25.044 mg.kg⁻¹) e TB_44 (25.550 mg.kg⁻¹). A estação TB_22 (19.706 mg.kg⁻¹) possui média significativamente menor do que as estações TB_23 (25.347 mg.kg⁻¹) e TB_44 (25.550 mg.kg⁻¹). As estações TB_13 (19.885 mg.kg⁻¹) e TB_14 (19.799 mg.kg⁻¹) são diferentes da estação TB_44 (25.550 mg.kg⁻¹).

O manganês mostra diferenças significativas entre a estação TB_11 (297,2 mg.kg⁻¹) e as estações TB_23 (1.080,4 mg.kg⁻¹), TB_44 (1.137,1 mg.kg⁻¹) e TB_53 (1.026,7 mg.kg⁻¹). A estação TB_21 tem média (396,4 mg.kg⁻¹) significativamente menor do que a estação TB_44 (1.137,1 mg.kg⁻¹).

O bário concentra diferenças significativas exclusivamente entre as estações TB_11 (5.959,3 mg.kg⁻¹) e TB_14 (1.286 mg.kg⁻¹) com as demais estações: TB_12 (151,7 mg.kg⁻¹), TB_13 (216,7 mg.kg⁻¹), TB_21 (264 mg.kg⁻¹), TB_22 (118 mg.kg⁻¹), TB_23 (185 mg.kg⁻¹), TB_24 (437,3 mg.kg⁻¹), TB_31 (227,7 mg.kg⁻¹), TB_32 (134,7 mg.kg⁻¹), TB_33 (156,3 mg.kg⁻¹), TB_34 (220 mg.kg⁻¹), TB_41 (135 mg.kg⁻¹), TB_42 (116,3 mg.kg⁻¹), TB_43 (147,3 mg.kg⁻¹), TB_44 (218,3 mg.kg⁻¹), TB_51 (181 mg.kg⁻¹), TB_52 (122 mg.kg⁻¹), TB_53 (144 mg.kg⁻¹) e TB_54 (176 mg.kg⁻¹).

O vanádio mostra diferenças entre a estação TB_11 (34 mg.kg⁻¹) significativamente menor do que as estações TB_23 (47,3 mg.kg⁻¹), TB_31 (47 mg.kg⁻¹), TB_32 (48,3 mg.kg⁻¹), TB_33 (46,7 mg.kg⁻¹), TB_34 (47,7 mg.kg⁻¹), TB_42 (49,3 mg.kg⁻¹), TB_43 (51 mg.kg⁻¹), TB_44 (50,7 mg.kg⁻¹), TB_51 (46,7 mg.kg⁻¹), TB_52 (49 mg.kg⁻¹), TB_53 (48,3 mg.kg⁻¹) e TB_54 (46,3 mg.kg⁻¹). A estação TB_12 (36,3 mg.kg⁻¹) é significativamente menor do que as estações TB_23 (47,3 mg.kg⁻¹), TB_32 (48,3 mg.kg⁻¹), TB_34 (47,7 mg.kg⁻¹), TB_42 (49,3 mg.kg⁻¹), TB_43 (51 mg.kg⁻¹), TB_44 (50,7 mg.kg⁻¹), TB_52 (49 mg.kg⁻¹) e TB_53 (48,3 mg.kg⁻¹). A estação TB_14 (41,7 mg.kg⁻¹) significativamente menor

do que as estações TB_42 (49,3 mg.kg⁻¹), TB_43 (51 mg.kg⁻¹), TB_44 (50,7 mg.kg⁻¹) e TB_52 (49 mg.kg⁻¹). A estação TB_21 (36 mg.kg⁻¹) significativamente menor do que as estações TB_23 (47,3 mg.kg⁻¹), TB_31 (47 mg.kg⁻¹), TB_32 (48,3 mg.kg⁻¹); TB_34 (47,7 mg.kg⁻¹), TB_42 (49,3 mg.kg⁻¹), TB_43 (51 mg.kg⁻¹), TB_44 (50,7 mg.kg⁻¹); TB_52 (49 mg.kg⁻¹) e TB_53 (48,3 mg.kg⁻¹). A estação TB_22 (37 mg.kg⁻¹) significativamente menor do que as estações TB_32 (48,3 mg.kg⁻¹), TB_42 (49,3 mg.kg⁻¹), TB_43 (51 mg.kg⁻¹), TB_44 (50,7 mg.kg⁻¹), TB_52 (49 mg.kg⁻¹) e TB_53 (48,3 mg.kg⁻¹).

O cromo apresenta diferenças entre a estação TB_11 (41,8 mg.kg⁻¹) e as estações TB_23 (55,9 mg.kg⁻¹), TB_24 (53,4 mg.kg⁻¹), TB_31 (55,7 mg.kg⁻¹), TB_32 (57,7 mg.kg⁻¹), TB_33 (55,7 mg.kg⁻¹), TB_34 (57,6 mg.kg⁻¹), TB_41 (54,2 mg.kg⁻¹), TB_42 (57,5 mg.kg⁻¹), TB_44 (52,9 mg.kg⁻¹), TB_52 (55,1 mg.kg⁻¹) e TB_53 (56,5 mg.kg⁻¹). A estação TB_12 (45,7 mg.kg⁻¹) é diferente das estações TB_32 (57,7 mg.kg⁻¹), TB_34 (57,6 mg.kg⁻¹), TB_42 (57,5 mg.kg⁻¹) e TB_53 (56,5 mg.kg⁻¹). A estação TB_13 (45,9 mg.kg⁻¹) é diferente das estações TB_32 (57,7 mg.kg⁻¹), TB_34 (57,6 mg.kg⁻¹) e TB_42 (57,5 mg.kg⁻¹). A estação TB_21 (44,7 mg.kg⁻¹) é diferente das estações TB_23 (55,9 mg.kg⁻¹); TB_31 (55,7 mg.kg⁻¹), TB_32 (57,7 mg.kg⁻¹), TB_33 (55,7 mg.kg⁻¹), TB_34 (57,6 mg.kg⁻¹), TB_42 (57,5 mg.kg⁻¹) e TB_53 (56,5 mg.kg⁻¹). A estação TB_22 (45,9 mg.kg⁻¹) é diferente das estações TB_32 (57,7 mg.kg⁻¹), TB_34 (57,6 mg.kg⁻¹) e TB_42 (57,5 mg.kg⁻¹).

O níquel mostra diferenças significativas entre a estação TB_11 (7,8 mg.kg⁻¹) e as estações TB_13 (12 mg.kg⁻¹), TB_23 (13,6 mg.kg⁻¹), TB_24 (12,2 mg.kg⁻¹), TB_31 (13,6 mg.kg⁻¹), TB_32 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_33 (13,8 mg.kg⁻¹), TB_34 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_41 (12,9 mg.kg⁻¹), TB_42 (14,7 mg.kg⁻¹), TB_43 (15,7 mg.kg⁻¹), TB_44 (15 mg.kg⁻¹), TB_51 (14,3 mg.kg⁻¹), TB_52 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_53 (15,2 mg.kg⁻¹) e TB_54 (13,8 mg.kg⁻¹). A estação TB_12 (9,5 mg.kg⁻¹) é diferente das estações TB_23 (13,6 mg.kg⁻¹), TB_32 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_33 (13,8 mg.kg⁻¹), TB_34 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_42 (14,7 mg.kg⁻¹), TB_43 (15,7 mg.kg⁻¹), TB_44 (15 mg.kg⁻¹); TB_51 (14,3 mg.kg⁻¹), TB_52 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_53 (15,2 mg.kg⁻¹) e TB_54 (13,8 mg.kg⁻¹). A estação TB_14 (9,9 mg.kg⁻¹) é diferente das estações

TB_32 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_34 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_42 (14,7 mg.kg⁻¹), TB_43 (15,7 mg.kg⁻¹), TB_44 (15 mg.kg⁻¹), TB_51 (14,3 mg.kg⁻¹), TB_52 (14,4 mg.kg⁻¹) e TB_53 (15,2 mg.kg⁻¹). A estação TB_21 (9,4 mg.kg⁻¹) é diferente das estações TB_23 (13,6 mg.kg⁻¹), TB_31 (13,6 mg.kg⁻¹), TB_32 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_33 (13,8 mg.kg⁻¹), TB_34 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_42 (14,7 mg.kg⁻¹), TB_43 (15,7 mg.kg⁻¹), TB_44 (15 mg.kg⁻¹), TB_51 (14,3 mg.kg⁻¹), TB_52 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_53 (15,2 mg.kg⁻¹) e TB_54 (13,8 mg.kg⁻¹). A estação TB_22 (10,1 mg.kg⁻¹) é diferente das estações TB_32 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_34 (14,4 mg.kg⁻¹), TB_42 (14,7 mg.kg⁻¹), TB_43 (15,7 mg.kg⁻¹), TB_44 (15 mg.kg⁻¹), TB_51 (14,3 mg.kg⁻¹), TB_52 (14,4 mg.kg⁻¹) e TB_53 (15,2 mg.kg⁻¹).

O cobre mostra diferenças entre a estação TB_34 (9,2 mg.kg⁻¹) e as estações TB_11 (4,5 mg.kg⁻¹), TB_12 (4,1 mg.kg⁻¹), TB_13 (5,1 mg.kg⁻¹), TB_14 (5,1 mg.kg⁻¹), TB_21 (3,8 mg.kg⁻¹), TB_22 (4,5 mg.kg⁻¹), TB_24 (5,5 mg.kg⁻¹) e TB_41 (5,5 mg.kg⁻¹). As estações TB_43 (8,0 mg.kg⁻¹), TB_44 (7,8 mg.kg⁻¹) e TB_51 (7,8 mg.kg⁻¹) possuem médias significativamente diferente da estação TB_12 (4,1 mg.kg⁻¹). As estações TB_43 (8,0 mg.kg⁻¹), TB_44 (7,8 mg.kg⁻¹), TB_51 (7,8 mg.kg⁻¹), TB_52 (7,4 mg.kg⁻¹) e TB_53 (7,6 mg.kg⁻¹) apresentam médias significativamente maiores do que a estação TB_21 (3,8 mg.kg⁻¹).

O chumbo apresenta diferenças apenas entre a estação TB_11 (18,4 mg.kg⁻¹) com média significativamente maior do que às médias das estações TB_12 (5,9 mg.kg⁻¹), TB_13 (6,3 mg.kg⁻¹), TB_14 (7,7 mg.kg⁻¹), TB_21 (6,3 mg.kg⁻¹), TB_22 (5,7 mg.kg⁻¹), TB_23 (7,3 mg.kg⁻¹), TB_24 (6,8 mg.kg⁻¹), TB_31 (7,4 mg.kg⁻¹), TB_32 (7,3 mg.kg⁻¹), TB_33 (7,0 mg.kg⁻¹), TB_34 (7,6 mg.kg⁻¹), TB_41 (6,5 mg.kg⁻¹), TB_42 (7,7 mg.kg⁻¹), TB_43 (9,4 mg.kg⁻¹), TB_44 (8,9 mg.kg⁻¹), TB_51 (8,8 mg.kg⁻¹), TB_52 (8,7 mg.kg⁻¹), TB_53 (8,8 mg.kg⁻¹) e TB_54 (8,9 mg.kg⁻¹). Em resumo pode-se afirmar que a estação TB_11 concentra a grande maioria das diferenças significativas observadas entre as concentrações da maioria dos metais testados (tabela VII.8.3-3).

Tabela VII.8.3-3 - Diferenças estatísticas (ANOVA, $P < 0,05$, Tukey HSD teste) na concentração de metais entre as estações na área de Tubarão – Bacia de Santos (estrato de 0 - 2 cm).

| | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 | TB 54 |
|-------|----------------------------------|----------------------|----------|------------------|--------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TB_11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_12 | Ba; Pb | | | Ba | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_13 | Ba; Ni; Pb | | | Ba | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_14 | Ba; Pb | | | Ba | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_21 | Ba; Pb | | | Ba | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_22 | Ba; Pb | | | Ba | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_23 | Al; Fe; Mn; Ba; V; Cr; Ni; Pb | Al; Fe; V; Ni | | Al; Ba | Al; Fe; V; Cr; Ni | Al; Fe | | | | | | | | | Al | | | | | Al |
| TB_24 | Ba; Cr; Ni; Pb | | | Ba | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_31 | Fe; Ba; V; Cr; N; Pbi | | | Ba | V; Cr; Ni | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_32 | Al; Fe; Ba; V; Cr; Ni; Pb | Fe; V; Cr; Ni | Cr | Ba; Ni | Al; V; Cr; Ni | V; Cr; Ni | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_33 | Al; Fe; Ba; V; Cr; Ni; Pb | Al; Ni | | Ba | Al; Cr; Ni | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_34 | Al; Fe; Ba; V; Cr; Ni; Cu; Pb | Fe; V; Cr; Ni; Cu | Cr; Cu | Ba; Ni; Cu | Al; Fe; V; Cr; Ni; Cu | Cr; Ni; Cu | | Cu | | | | | Cu | | | | | | | |
| TB_41 | Ba; Cr; Ni; Pb | | | Ba | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_42 | Fe; Ba; V; Cr; Ni; Pb | Fe; V; Cr; Ni | Cr | Ba; V; Ni | Fe; V; Cr; Ni | V; Cr; Ni | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_43 | Fe; Ba; V; Ni; Pb | V; Ni; Cu | | Ba; V; Ni | V; Ni; Cu | V; Ni | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_44 | Al; Fe; Mn; Ba; V; Cr; Ni; Pb | Fe; V; Ni; Cu | Fe | Fe; Ba; V; Ni | Fe; Mn; V; Ni; Cu | Fe; V; Ni | | | | | | | | | | | | | | |

Continua

Continuação

| | TB 11 | TB 12 | TB 13 | TB 14 | TB 21 | TB 22 | TB 23 | TB 24 | TB 31 | TB 32 | TB 33 | TB 34 | TB 41 | TB 42 | TB 43 | TB 44 | TB 51 | TB 52 | TB 53 | TB 54 |
|-------|------------------------------|-----------|----------|-----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TB_51 | Ba; V; Ni; Pb | Ni; Cu | | Ba; Ni | Ni; Cu | Ni | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_52 | Fe; Ba; V; Cr; Ni; Pb | V; Ni | | Ba; V; Ni | V; Ni; Cu | V; Ni | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_53 | Fe; Mn; Ba; V; Cr; Ni; Pb | V; Cr; Ni | | Ba; Ni | V; Cr; Ni; Cu | V; Ni | | | | | | | | | | | | | | |
| TB_54 | Ba; V; Ni; Pb | Ni | | Ba | Ni | | | | | | | | | | | | | | | |

VII.8.3.1 - Metais e Sedimentologia

Os resultados das correlações obtidas entre as concentrações de CO_3^{2-} (estrato de 0 - 10 cm), MOT, COT, P total, N total e metais totais no estrato de 0 - 2 cm estão relacionados na tabela VII.8.3.1-1.

O alumínio mostrou associação positiva e significativa com o Fe, Mn, V, Zn, Cr, Ni, Cu, Cd e N total. O ferro também apresentou correlações positivas e significativas com os metais acima, bem como com N total e P total.

Tabela VII.8.3.1-1 - Matriz de correlação de Spearman ($n = 60$) entre as concentrações de carbonato (0 - 10 cm), MOT, COT, P total, N total e metais totais (estrato de 0 - 2 cm) na área de Tubarão – Bacia de Santos. Valores significativos ($p < 0,05$) em **negrito**.

| | Al | Fe | Mn | Ba | V | Zn | Cr | Ni | Cu | Pb | Cd | Hg | CO ₃ ²⁻ | MOT | COT | N total | P total |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------------------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Al | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fe | 0,82 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mn | 0,73 | 0,82 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Ba | 0,02 | -0,09 | -0,10 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | |
| V | 0,68 | 0,91 | 0,82 | -0,15 | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| Zn | 0,54 | 0,69 | 0,72 | 0,12 | 0,82 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| Cr | 0,83 | 0,88 | 0,72 | -0,13 | 0,75 | 0,56 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| Ni | 0,67 | 0,89 | 0,83 | -0,20 | 0,97 | 0,79 | 0,75 | 1,00 | | | | | | | | | |
| Cu | 0,66 | 0,82 | 0,81 | -0,01 | 0,90 | 0,88 | 0,66 | 0,91 | 1,00 | | | | | | | | |
| Pb | 0,13 | 0,37 | 0,39 | 0,27 | 0,47 | 0,63 | 0,20 | 0,47 | 0,62 | 1,00 | | | | | | | |
| Cd | 0,63 | 0,60 | 0,43 | 0,09 | 0,53 | 0,50 | 0,74 | 0,55 | 0,57 | 0,26 | 1,00 | | | | | | |
| Hg | 0,06 | 0,08 | 0,14 | -0,16 | 0,11 | 0,16 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,17 | 0,14 | 1,00 | | | | | |
| CO ₃ ²⁻ | -0,18 | -0,37 | -0,31 | 0,24 | -0,47 | -0,45 | -0,27 | -0,51 | -0,55 | -0,41 | -0,23 | -0,01 | 1,00 | | | | |
| MOT | -0,24 | -0,39 | -0,42 | 0,02 | -0,38 | -0,47 | -0,36 | -0,38 | -0,51 | -0,48 | -0,42 | -0,12 | 0,32 | 1,00 | | | |
| COT | -0,30 | -0,41 | -0,47 | -0,00 | -0,41 | -0,48 | -0,40 | -0,41 | -0,52 | -0,46 | -0,47 | -0,13 | 0,27 | 0,91 | 1,00 | | |
| N total | 0,46 | 0,48 | 0,53 | -0,22 | 0,44 | 0,36 | 0,42 | 0,49 | 0,46 | 0,22 | 0,22 | 0,05 | -0,35 | -0,34 | -0,28 | 1,00 | |
| P total | 0,24 | 0,45 | 0,29 | -0,35 | 0,42 | 0,18 | 0,45 | 0,40 | 0,33 | 0,13 | 0,21 | 0,03 | -0,35 | -0,11 | -0,02 | 0,25 | 1,00 |

VII.8.3.2 - Suportes Geoquímicos

Os resultados da análise por componentes principais (ACP) aplicada aos resultados obtidos para o teor de metais totais, CO_3^{2-} (estrato de 0 - 10 cm), COT, MOT, P total e N total encontram-se na tabela VII.8.3.2-1. Para metais, COT, MOT, P total e N total foram considerados os valores obtidos no estrato de 0 - 2 cm.

Tabela VII.8.3.2-1 - Análise por componentes principais aplicada ao conjunto de dados (estrato de 0 - 2 cm) da área de Tubarão – Bacia de Santos (n=60, correlações em negrito significativas a $p \leq 0,05$).

| Parâmetros | Fator 1 | Fator 2 | Fator 3 |
|--------------------|--------------|--------------|-------------|
| Al | 0,78 | 0,21 | -0,36 |
| Fe | 0,95 | 0,13 | -0,09 |
| Mn | 0,89 | 0,08 | -0,18 |
| Ba | -0,44 | -0,73 | -0,10 |
| V | 0,95 | 0,07 | -0,05 |
| Zn | 0,50 | -0,53 | -0,20 |
| Cr | 0,87 | 0,18 | -0,08 |
| Ni | 0,94 | 0,15 | -0,02 |
| Cu | 0,91 | -0,13 | -0,00 |
| Pb | 0,05 | -0,90 | -0,05 |
| Cd | 0,19 | -0,08 | -0,15 |
| Hg | 0,12 | -0,16 | -0,07 |
| CO_3^{2-} | -0,50 | 0,12 | -0,58 |
| MOT | -0,59 | 0,52 | -0,22 |
| COT | -0,59 | 0,53 | -0,07 |
| N total | 0,55 | 0,10 | 0,09 |
| P total | 0,31 | 0,12 | 0,79 |
| % variância | 44,2 | 14,2 | 7,6 |

Observou-se que o conjunto de dados (estrato de 0 - 2 cm) pode ser representado por três fatores principais que, juntos, explicam 66% da variância total. O fator 1 explica 44,2 % da variância total dos dados e apresenta associação positiva e significativa com Al, Fe, Mn, V, Zn, Cr, Ni, Cu e N total.

O fator 2 é responsável por 14,2 % da variância total dos dados e apresenta associação positiva e significativa com MOT e COT.

O fator 3 é responsável por apenas 7,6% da variância dos dados e está associado positiva e significativamente com fosfato.

VII.8.3.3 - Comparação entre Tubarão e RS-BS

As concentrações médias de metais em Tubarão, RS-BS, RC-BS, RN-BS e na crosta superior (WEDEPOHL, 1995) encontram-se comparadas na tabela VII.8.3.3-1.

A área de Tubarão apresenta concentrações de Al, Mn, V, Zn, Ni, Cu, Pb e Hg menores do que RS_BS, semelhantes para ferro e maiores para bário, cromo e cádmio. Com relação às outras áreas, de um modo geral, a maioria dos metais em Tubarão apresenta concentrações menores com exceção de bário, cromo e cádmio. Quando comparadas à crosta superior, as concentrações médias em Tubarão, de um modo geral também são inferiores com exceção de Mn, Cr e Cd metais que apresentam concentrações médias superiores as da crosta superior.

Tabela VII.8.3.3-1 - Média e desvio padrão de concentração dos metais nos sedimentos da área de Tubarão comparados as área de Referência Sul (RS_BS), Centro (RC-BS) e Norte (RN-BS) Bacia de Santos e a valores médios da crosta superior (WEDEPOHL, 1995).

| | Al mg Kg ⁻¹ | Fe mg Kg ⁻¹ | Mn mg Kg ⁻¹ | Ba mg Kg ⁻¹ | V mg Kg ⁻¹ | Zn mg Kg ⁻¹ | Cr mg Kg ⁻¹ | Ni mg Kg ⁻¹ | Cu mg Kg ⁻¹ | Pb mg Kg ⁻¹ | Cd mg Kg ⁻¹ | Hg mg Kg ⁻¹ |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Tubarão | 31452,9±5909,6 | 22635,6±2873,6 | 780,4±301,4 | 529,8±1295,3 | 44,42±6,02 | 38,93±8,81 | 51,64±5,73 | 12,83±2,50 | 6,29±1,75 | 8,08±3,19 | 0,77±1,52 | 0,003±0,01 |
| RS_BS | 32849,9±5158,2 | 22104,6±2184,8 | 1230,8±290,9 | 108,5±12,8 | 51,9±5,2 | 40,3±22 | 41,6±3,2 | 17,8±2,2 | 7,61±1,25 | 9,68±1,20 | 0,38±0,08 | 0,04±0,02 |
| RC-BS | 64054±12740 | 21719±7205 | 1010,5±355 | 215,7±21,4 | 59,6±4,4 | 59,7±16,9 | 51,3±3,9 | 25,1±5,4 | 10,9±1,18 | 12,6±1,61 | 0,34±0,11 | 0,06±0,064 |
| RN-BS | 49963±4303 | 22638±1058 | 555,3±36,4 | 200,6±6,0 | 46,8±2,1 | 43,3±2,1 | 41,3±2,0 | 17,3±1,0 | 12,4±0,66 | 8,5±0,99 | 0,41±0,06 | 0,07±0,022 |
| Crosta Superior | 77440 | 30890 | 527 | 668 | 53 | 52 | 35 | 18,6 | 14,3 | 17 | 0,102 | 0,056 |

Os resultados obtidos nos cálculos dos fatores de enriquecimento para Tubarão estão apresentados na tabela VII.8.3.3-2. Valores acima de 2,0 são considerados enriquecidos e encontram-se marcados em negrito. O bário apresenta enriquecimentos elevados nas estações TB_11 e TB_14 e moderados nas estações TB_13, TB_21 e TB_24 enquanto o Cd apresenta enriquecimentos elevados nas estações TB_51 e TB_52.

Tabela VII.8.3.3-2 - Fatores de enriquecimento médio na área de Tubarão em relação à área de Referência Sul (RS-BS), tomando-se o alumínio como normalizador.

| Estações | Fe | Mn | Ba | V | Zn | Cr | Ni | Cu | Pb | Cd |
|----------|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| TB_11 | 1,1 | 0,3 | 78,1 | 0,9 | 0,2 | 0,2 | 0,6 | 0,8 | 2,7 | 1,6 |
| TB_12 | 1,1 | 0,6 | 1,8 | 0,9 | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 1,4 |
| TB_13 | 1,0 | 0,7 | 2,2 | 0,9 | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,2 |
| TB_14 | 1,1 | 0,4 | 14,8 | 0,9 | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,4 |
| TB_21 | 1,2 | 0,4 | 3,3 | 1,0 | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 1,5 |
| TB_22 | 1,0 | 0,5 | 1,2 | 0,8 | 0,2 | 0,2 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 1,1 |
| TB_23 | 0,9 | 0,7 | 1,3 | 0,7 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 1,1 |
| TB_24 | 1,0 | 0,5 | 4,0 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,4 |
| TB_31 | 1,0 | 0,6 | 2,0 | 0,9 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 1,4 |
| TB_32 | 1,0 | 0,7 | 1,1 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 1,2 |
| TB_33 | 0,9 | 0,5 | 1,2 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 1,2 |
| TB_34 | 1,0 | 0,7 | 1,8 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 1,1 | 0,7 | 1,3 |
| TB_41 | 1,1 | 0,5 | 1,2 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,4 |
| TB_42 | 1,1 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,2 |
| TB_43 | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 1,1 | 0,2 | 0,2 | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |
| TB_51 | 1,1 | 0,8 | 1,8 | 0,9 | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 8,2 |
| TB_52 | 1,1 | 0,8 | 1,8 | 1,0 | 0,2 | 0,2 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 8,2 |
| TB_53 | 1,2 | 0,9 | 1,3 | 1,1 | 0,2 | 0,2 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 1,4 |
| TB_54 | 1,1 | 0,9 | 1,4 | 1,0 | 0,3 | 0,2 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 1,5 |

VII.8.4 - Macrofauna

VII.8.4.1 - Inventário Taxonômico e Comparação com RN-BS

O inventário dos táxons coletados em Tubarão se encontra no anexo VII.8.4.1-1. Foram individualizados 155 táxons pertencentes a 14 grandes grupos de invertebrados marinhos (tabela VII.8.4.1-1). Em RS-BS foram encontrados 151 táxons e valores semelhantes aos de Tubarão.

Tabela VII.8.4.1-1 - Número total de táxons por grupo em Tubarão e RS-BS.

| Filo/Grupo | Tubarão | RS-BS |
|---------------------|---------|-------|
| Filo Porifera* | 1 | - |
| Classe Anthozoa* | 2 | 2 |
| Classe Hydrozoa* | 1 | 2 |
| Classe Turbellaria* | 1 | 1 |
| Filo Nemetinea* | 1 | 1 |
| Filo Mollusca | 24 | 33 |
| Classe Polychaeta | 65 | 59 |
| Classe Oligochaeta | 1 | - |
| Filo Sipuncula* | 1 | 1 |
| Subfilo Crustacea | 43 | 39 |
| Filo Bryozoa* | 1 | 1 |
| Filo Kynorhyncha* | 1 | - |
| Filo Echinodermata | 12 | 12 |
| Filo Chaetognata | 1 | - |
| Total | 155 | 151 |

* grupos não submetidos ao detalhamento taxonômico.

VII.8.4.2 - Avaliação da Amostragem e Comparação com RN-BS

A curva formada pelo número cumulativo de táxons coletados mostra uma acentuada diminuição da inclinação a partir da 41ª réplica, quando 147 dos 155 táxons já haviam sido coletados (figura VII.8.4.2-1).

Ao todo foram coletadas 60 réplicas com uma área de 400 cm² (20 x 20 cm) cada o que equivale a um total de 2,40 m² amostrados.

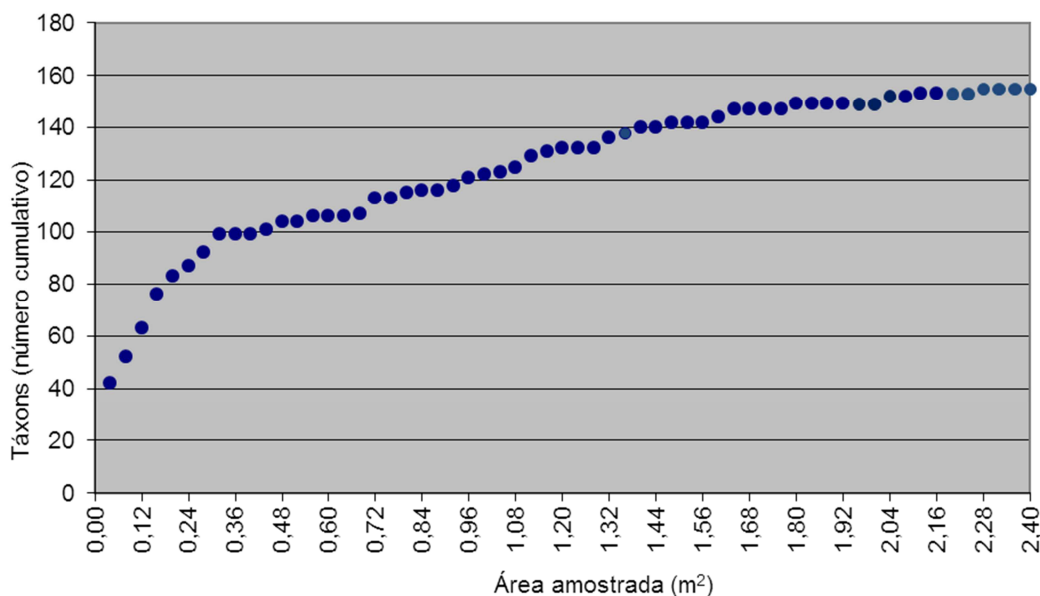


Figura VII.8.4.2-1 - Número cumulativo de táxons plotado contra área amostrada. Tubarão.

VII.8.4.3 - Composição Taxonômica (0 - 2 cm) e Comparação com RN-BS

Foram identificados 134 táxons pertencentes a 13 grandes grupos (tabela VII.8.4.3-1).

Tabela VII.8.4.3-1 - Número de táxons por grupo.
Tubarão - estrato de 0 - 2 cm.

| Grupos | Táxons | (%) |
|---------------------|--------|-------|
| Filo Porifera* | 1 | - |
| Classe Anthozoa* | 2 | - |
| Classe Hydrozoa* | 1 | - |
| Classe Turbellaria | 1 | - |
| Filo Nemertinea* | 1 | - |
| Filo Mollusca | 20 | 16,13 |
| Classe Polychaeta | 56 | 45,16 |
| Classe Oligochaeta* | 1 | - |

Continua

Continuação

| Grupos | Táxons | (%) |
|---------------------|--------|--------|
| Filo Sipuncula* | 1 | - |
| Subfilo Crustacea | 36 | 29,03 |
| Filo Bryozoa* | 1 | - |
| Filo Echinodermata | 12 | 9,68 |
| Filo Kinorhyncha | 1 | - |
| Total* | 134 | - |
| Total identificados | 124 | 100,00 |

*não incluído no cálculo percentual.

A classe Polychaeta foi representada por 24 famílias, duas subfamílias e 30 gêneros. Para o subfilo Crustacea foram individualizadas duas classes, cinco ordens, uma infraordem, 20 famílias, seis gêneros e duas espécies. No filo Mollusca foram individualizadas duas classes, uma subclasse, nove gêneros e oito espécies e para o filo Echinodermata foram distinguidas duas famílias, dois gêneros e oito espécies.

O número de táxons encontrados por réplica e por estação, os valores médios, desvios padrão (DP) e coeficientes de variação (CV) se encontram na tabela VII.8.4.3-2.

A estação com o menor número de táxons foi TB_11 com 49 táxons e a que apresentou o maior número foi a TB_53 com 67 táxons.

Tabela VII.8.4.3-2 - Número de táxons, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) (%). Tubarão - estrato de 0 - 2 cm.

| Estações/Réplicas | R1 | R2 | R3 | Total | Média | DP | CV |
|-------------------|----|----|----|-------|-------|------|------|
| TB_11 | 23 | 24 | 40 | 49 | 29 | 9,5 | 32,9 |
| TB_12 | 42 | 33 | 26 | 56 | 34 | 8,0 | 23,8 |
| TB_13 | 41 | 50 | 34 | 64 | 42 | 8,0 | 19,2 |
| TB_14 | 34 | 36 | 42 | 58 | 37 | 4,2 | 11,2 |
| TB_21 | 38 | 29 | 33 | 57 | 33 | 4,5 | 13,5 |
| TB_22 | 24 | 40 | 49 | 62 | 38 | 12,7 | 33,6 |
| TB_23 | 37 | 34 | 30 | 56 | 34 | 3,5 | 10,4 |
| TB_24 | 30 | 40 | 24 | 53 | 31 | 8,1 | 25,8 |
| TB_31 | 35 | 25 | 37 | 54 | 32 | 6,4 | 19,9 |
| TB_32 | 48 | 39 | 35 | 57 | 41 | 6,7 | 16,4 |

Continua

Continuação

| Estações/Réplicas | R1 | R2 | R3 | Total | Média | DP | CV |
|-------------------|----|----|----|-------|-------|------|------|
| TB_33 | 44 | 37 | 43 | 62 | 41 | 3,8 | 9,2 |
| TB_34 | 39 | 43 | 38 | 64 | 40 | 2,6 | 6,6 |
| TB_41 | 33 | 40 | 26 | 55 | 33 | 7,0 | 21,2 |
| TB_42 | 38 | 32 | 32 | 50 | 34 | 3,5 | 10,2 |
| TB_43 | 43 | 43 | 46 | 59 | 44 | 1,7 | 3,9 |
| TB_44 | 22 | 41 | 37 | 56 | 33 | 10,0 | 30,0 |
| TB_51 | 32 | 33 | 33 | 49 | 33 | 0,6 | 1,8 |
| TB_52 | 28 | 42 | 41 | 54 | 37 | 7,8 | 21,1 |
| TB_53 | 36 | 40 | 50 | 67 | 42 | 7,2 | 17,2 |
| TB_54 | 43 | 49 | 46 | 66 | 46 | 3,0 | 6,5 |

As estações que apresentaram o menor número de táxons foram TB_11 e TB_51 com 49 táxons cada, já o maior número de táxons foi registrado na estação TB_53. A maior variabilidade foi encontrada na estação TB_22 com CV de 33,6% e a menor na estação TB_51 com CV de apenas 1,8%.

As similaridades qualitativas entre estações são superiores a 70%, não sendo possível distinguir nos grupamentos formados qualquer tipo de relação com a distribuição das estações no campo (figura VII.8.4.3-1).

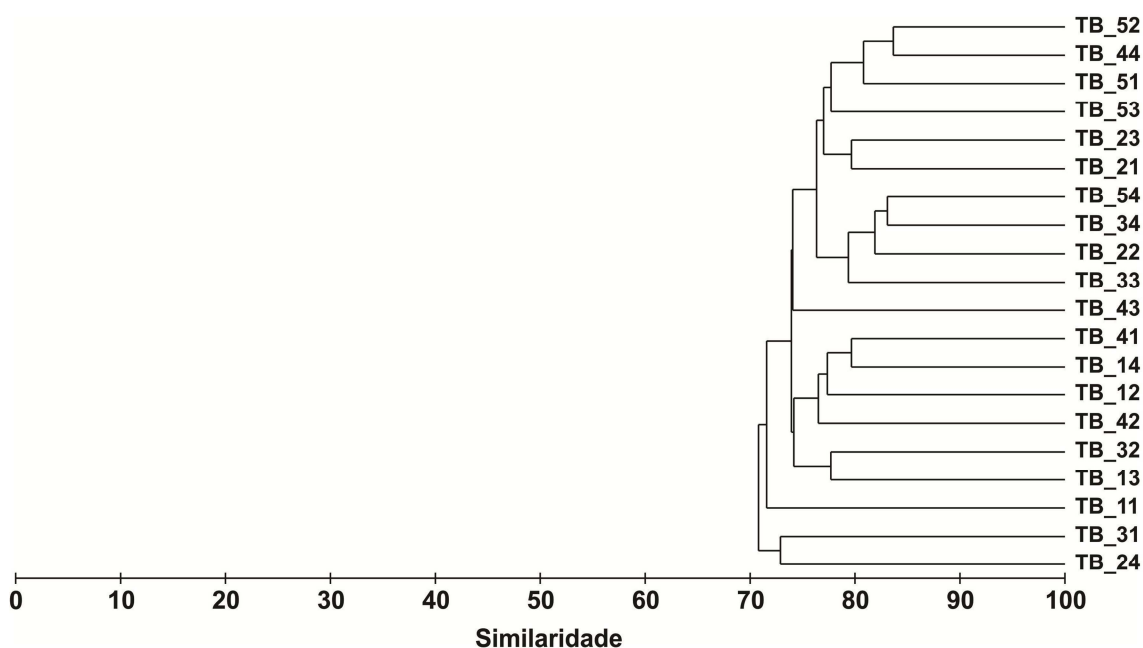


Figura VII.8.4.3-1 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre estações. Índice de Sorensen – grupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

A área amostrada denominada como Tubarão apresenta similaridade mínima de 68,16% em relação a RS-BS (figura VII.8.4.3-2). O cotejo dos táxons presentes nas duas áreas revela que 90 (50,85%) dos 177 táxons são comuns às duas áreas, 44 só foram encontrados em Tubarão e 43 táxons apenas em RS-BS.

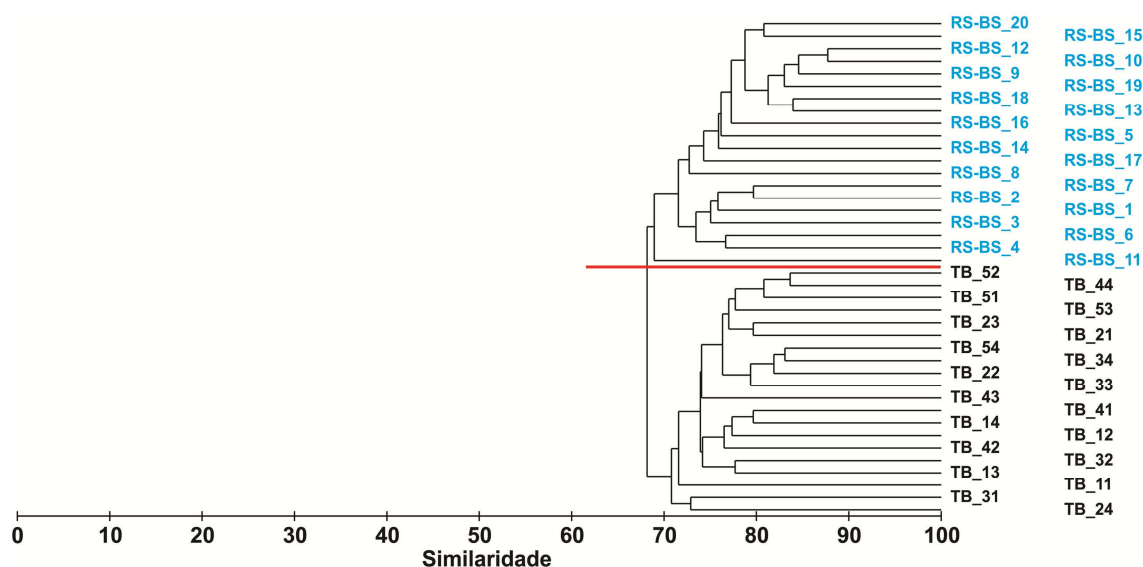


Figura VII.8.4.3-2 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre Tubarão e RS-BS. Índice de Sorensen – grupamento pela média. Estrato de 0 - 2 cm.

Segundo a análise de similaridade (ANOSIM), as duas áreas apresentam diferenças significativas ($R = 0,677$ e $NS = 0,1\%$). O percentual de dissimilaridade média entre os dois grupos foi calculado em 31,84% (tabela VII.8.4.3-3).

Tabela VII.8.4.3-3 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 0 - 2 cm.

| Grupos | Dissimilaridade (média) | Similaridade (média) |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Tubarão – RS-BS | 31,84% | - |
| Tubarão | - | 74,13% |
| RS-BS | - | 73,84% |

O resultado acima sugere que a área denominada RS-BS é adequada para ser utilizada como área de referência para a Tubarão.

VII.8.4.4 - Densidade e Índices Ecológicos (0 - 2 cm) e Comparação com RN-BS

Os resultados médios de densidade (ind.m^{-2}), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson) estão relacionados na tabela VII.8.4.4-1.

A densidade apresentou valores entre 1.608 e 2.900 ind.m^{-2} , respectivamente nas estações TB_23 e TB_43, com uma média de 2.087 ind.m^{-2} e um CV de 17,20%. Os demais índices apresentaram variações menos expressivas, com valores de CV entre 11,67%, para a riqueza e 4,36% para a diversidade (figuras VII.8.4.4-1 a VII.8.4.4-5).

A tabela de densidade dos organismos por réplica encontra-se no anexo VII.8.4.4-1.

Tabela VII.8.4.4-1 - Densidade (ind.m^{-2}), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson), média e desvio padrão (DP) em Tubarão - estrato de 0 - 2 cm.

| Índice Estações | Densidade (ind.m^{-2}) | | Riqueza (d) | | Equitabilidade (J') | | Diversidade (Log ₂) | | Dominância (1-λ') | |
|--------------------|--------------------------------------|------|----------------|------|------------------------|------|------------------------------------|------|----------------------|------|
| | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) |
| TB_11 | 1.658 | 839 | 3,73 | 0,95 | 0,93 | 0,01 | 4,45 | 0,36 | 0,94 | 0,01 |
| TB_12 | 1.717 | 862 | 4,27 | 0,73 | 0,95 | 0,01 | 4,75 | 0,26 | 0,96 | 0,01 |
| TB_13 | 2.350 | 728 | 4,98 | 0,84 | 0,93 | 0,01 | 4,94 | 0,21 | 0,96 | 0,00 |
| TB_14 | 2.050 | 90 | 4,63 | 0,43 | 0,92 | 0,02 | 4,79 | 0,23 | 0,95 | 0,01 |
| TB_21 | 1.700 | 541 | 4,19 | 0,75 | 0,94 | 0,03 | 4,70 | 0,32 | 0,95 | 0,01 |
| TB_22 | 1.992 | 795 | 4,60 | 1,23 | 0,93 | 0,02 | 4,74 | 0,33 | 0,95 | 0,01 |
| TB_23 | 1.608 | 289 | 4,20 | 0,26 | 0,93 | 0,01 | 4,64 | 0,07 | 0,95 | 0,00 |
| TB_24 | 2.092 | 615 | 3,79 | 0,85 | 0,90 | 0,02 | 4,41 | 0,27 | 0,94 | 0,01 |
| TB_31 | 2.025 | 529 | 3,89 | 0,65 | 0,90 | 0,02 | 4,44 | 0,34 | 0,94 | 0,02 |
| TB_32 | 2.100 | 611 | 5,02 | 0,49 | 0,94 | 0,01 | 4,96 | 0,15 | 0,96 | 0,00 |
| TB_33 | 2.058 | 188 | 5,07 | 0,51 | 0,93 | 0,01 | 4,94 | 0,11 | 0,96 | 0,00 |
| TB_34 | 2.392 | 577 | 4,86 | 0,56 | 0,93 | 0,02 | 4,89 | 0,21 | 0,96 | 0,01 |
| TB_41 | 2.075 | 434 | 4,02 | 0,94 | 0,92 | 0,03 | 4,59 | 0,45 | 0,95 | 0,02 |
| TB_42 | 2.167 | 191 | 4,13 | 0,51 | 0,91 | 0,01 | 4,55 | 0,22 | 0,94 | 0,01 |
| TB_43 | 2.900 | 189 | 5,10 | 0,30 | 0,93 | 0,00 | 4,98 | 0,08 | 0,96 | 0,00 |

Continua

Continuação

| Índice | Densidade (ind.m ⁻²) | | Riqueza (d) | | Equitabilidade (J') | | Diversidade (Log ₂) | | Dominância (1-λ') | |
|----------|-------------------------------------|------|----------------|------|------------------------|------|------------------------------------|------|----------------------|------|
| Estações | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) |
| TB_44 | 1.717 | 426 | 4,02 | 1,05 | 0,90 | 0,02 | 4,43 | 0,49 | 0,93 | 0,03 |
| TB_51 | 1.983 | 250 | 3,82 | 0,22 | 0,94 | 0,02 | 4,59 | 0,12 | 0,95 | 0,01 |
| TB_52 | 1.883 | 539 | 4,48 | 0,78 | 0,94 | 0,04 | 4,78 | 0,41 | 0,95 | 0,02 |
| TB_53 | 2.392 | 919 | 5,03 | 0,64 | 0,93 | 0,03 | 4,96 | 0,08 | 0,96 | 0,00 |
| TB_54 | 2.875 | 1113 | 5,39 | 0,15 | 0,92 | 0,02 | 5,02 | 0,03 | 0,96 | 0,00 |
| Média | 2.087 | - | 4,46 | - | 0,93 | - | 4,73 | - | 0,95 | - |
| DP | 359 | - | 0,52 | - | 0,01 | - | 0,21 | - | 0,01 | - |
| CV | 17,20 | - | 11,67 | - | 1,49 | - | 4,36 | - | 0,90 | - |

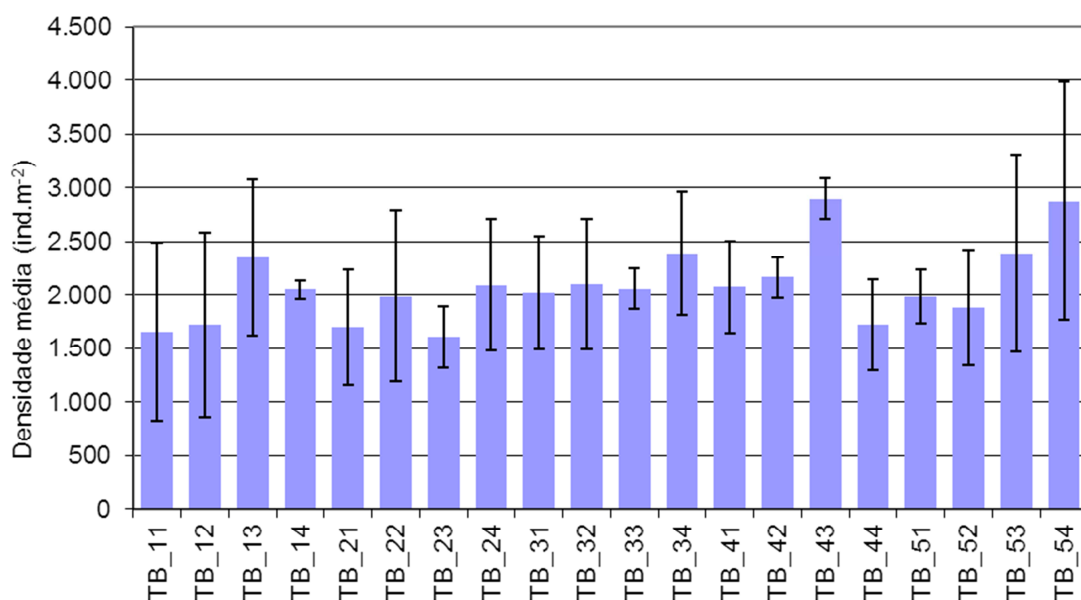


Figura VII.8.4.4-1 - Densidade média (ind.m⁻²) e barra de desvio padrão (±). Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

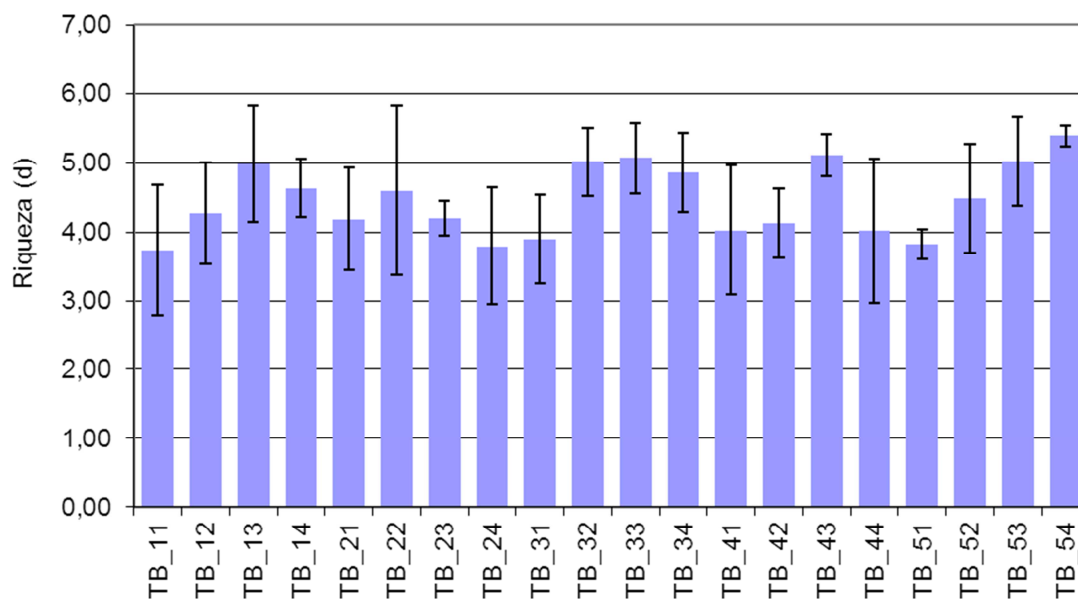


Figura VII.8.4.4-2 - Riqueza média (ind.m²) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

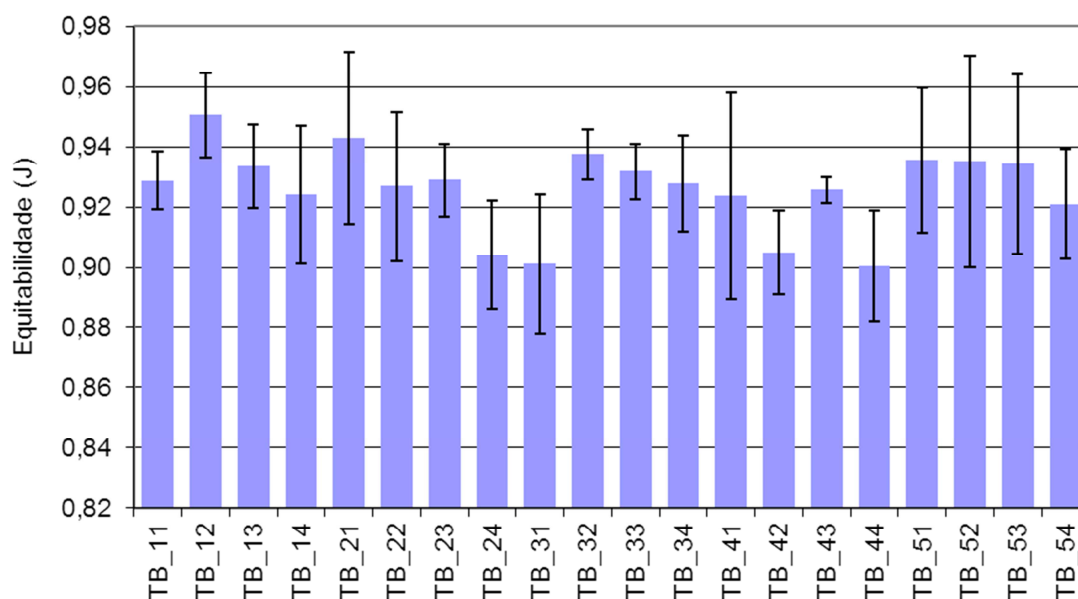


Figura VII.8.4.4-3 - Equitabilidade média (ind.m-2) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

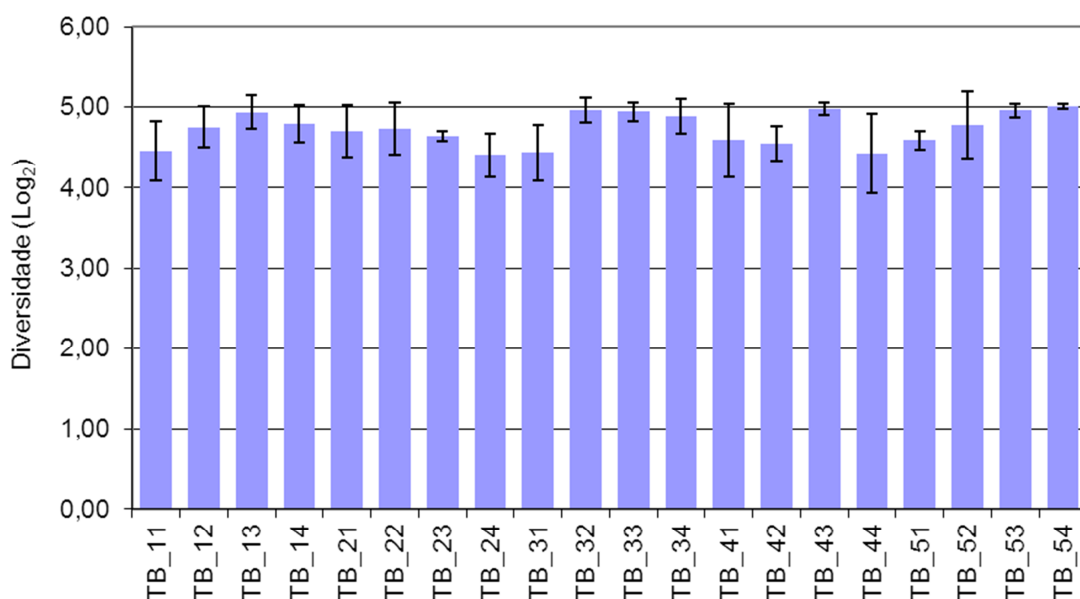


Figura VII.8.4.4-4 - Diversidade média (ind.m⁻²) e barra de desvio padrão (±). Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

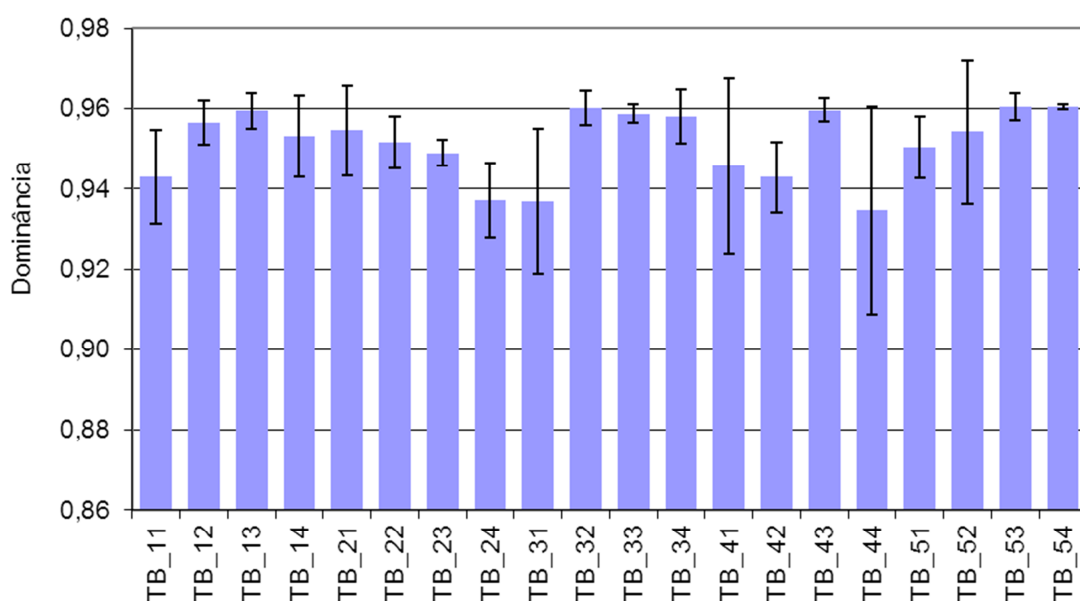


Figura VII.8.4.4-5 - Dominância média (ind.m⁻²) e barra de desvio padrão (±). Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

A comparação dos índices biológicos encontrados na área de Tubarão com a área de Referência Sul (RS-BS) evidencia as semelhanças entre as duas áreas (figura VII.8.4.4-6).

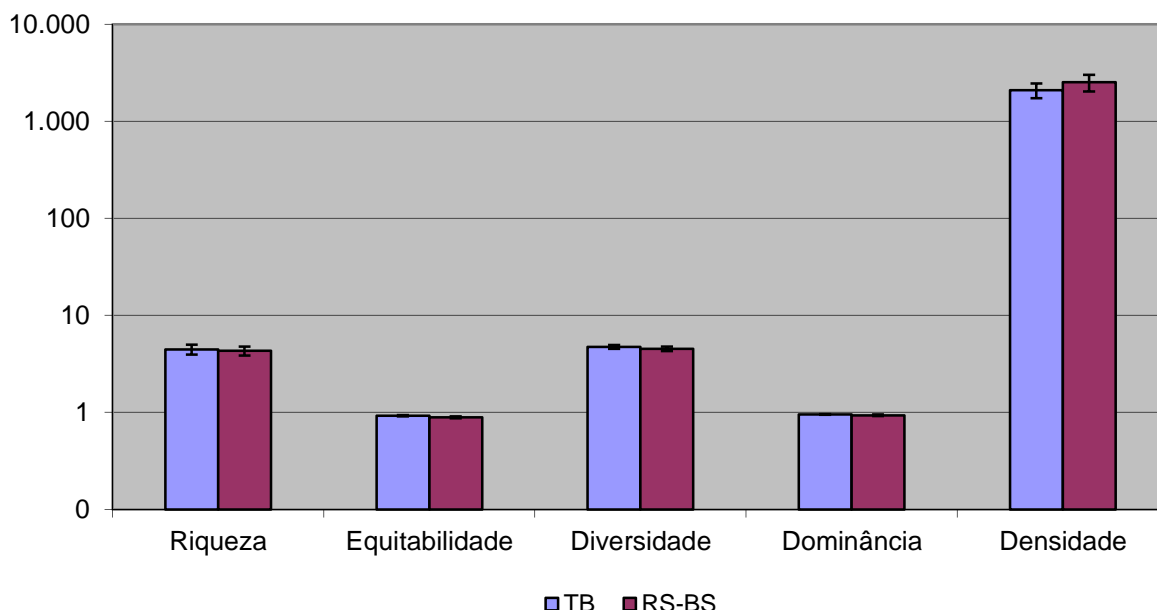


Figura VII.8.4.4-6 - Valores médios de riqueza (d), equitabilidade (J), diversidade ($H' = \log_2$), Dominância ($1-\lambda$), densidade (ind.m^{-2}) e respectivas barras de desvio padrão (\pm). Tubarão e RS-BS – estrato de 0 - 2 cm.

As similaridades quantitativas entre estações ficaram entre 63,96% e 79,31%, podendo-se destacar a estação TB_11 por ter apresentado a similaridade mais baixa em relação às outras e por ter apresentado os teores mais altos de bário (figura VII.8.4.4-7). Este resultado decorre do fato de nesta estação terem sido registradas as densidades mais baixas de *Exogone* sp., *Eunice* sp., Spinonidae, Ampharetidae e Onuphinae, os mais abundantes táxons de Polychaeta, e as densidades mais altas de *Kelliella atlântica*, *Mendicula ferruginosa* e *Thayasira flexuosa* (Mollusca).

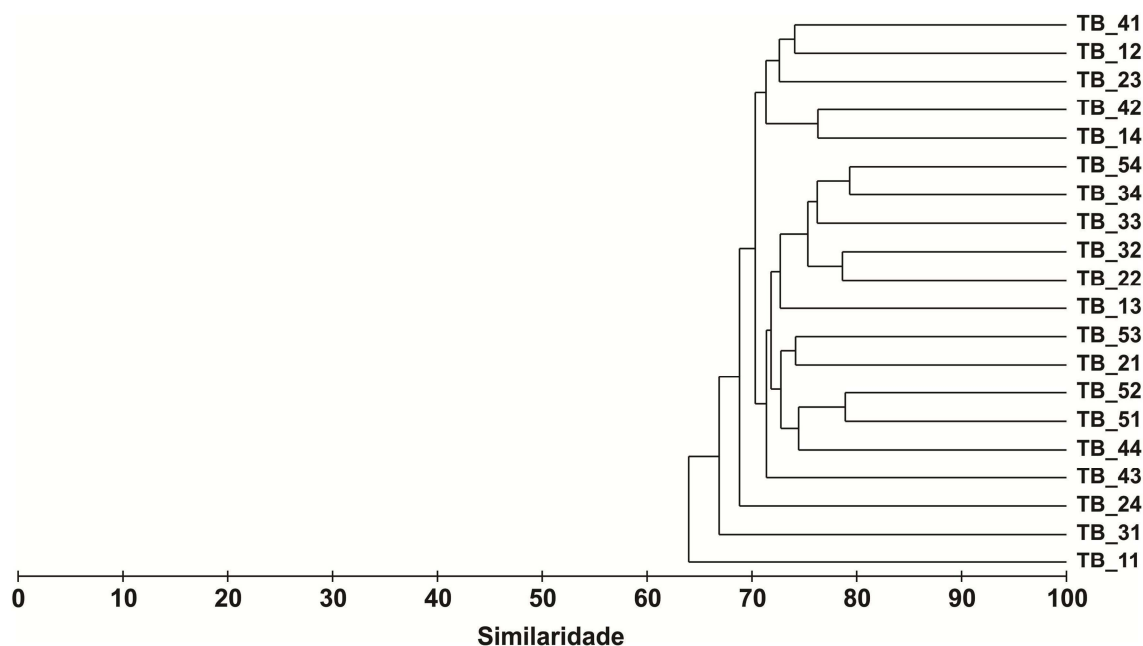


Figura VII.8.4.4-7 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

O dendrograma representativo da similaridade quantitativa entre Tubarão e RS-BS indica similaridade mínima de 63,24% entre os dois grupos de amostras. Entretanto, a estação TB_11 encontra-se segregada destes dois grupamentos, apresentando similaridade de 59,67% com estes (figura VII.8.4.4-8).

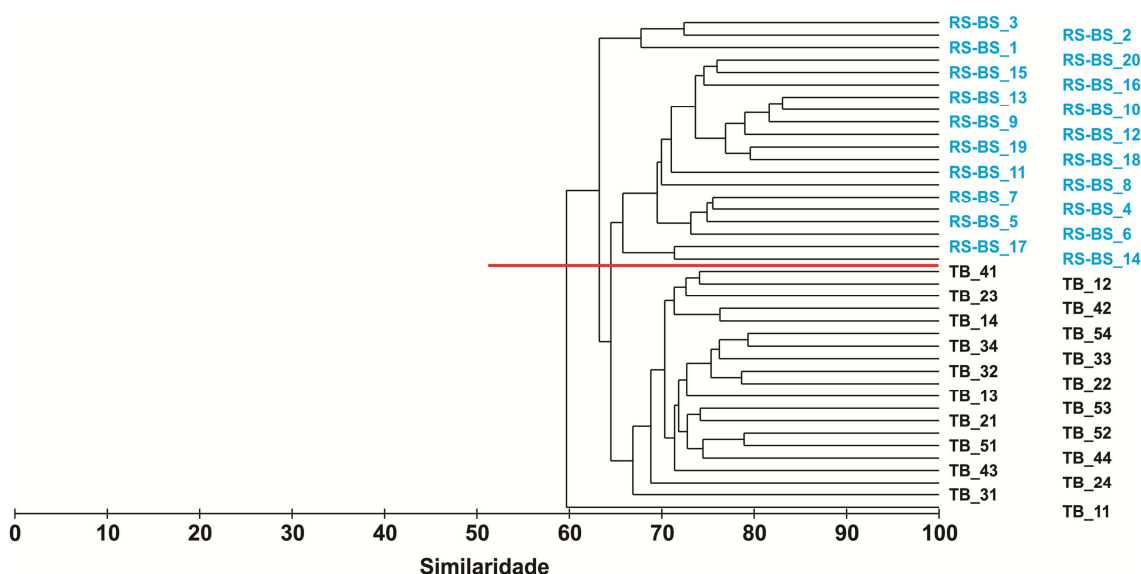


Figura VII.8.4.4-8 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações de Tubarão e RS-BS. Índice de Bray-Curtis – grupamento pela média. Estrato de 0 - 2 cm.

A avaliação das similaridades/dissimilaridades quantitativas percentuais (SIMPER) entre as duas áreas encontra-se apresentada na tabela VII.8.4.4-2.

Tabela VII.8.4.4-2 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 0 - 2 cm.

| Grupos | Dissimilaridade (média) | Similaridade (média) |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Tubarão – RS-BS | 36,25% | - |
| Tubarão | - | 70,19% |
| RS-BS | - | 63,94% |

As diferenças observadas entre os dois grupos, avaliados pela análise de similaridade (ANOSIM), não são significativas ($R = 0,657$ e $NS = 0,01\%$).

O dendrograma quantitativo feito para a comunidade de Mollusca mostra dois grupos que apresentam similaridades inferiores a 50% com as demais estações: o primeiro composto pelas estações TB_11, TB_14 e TB_41; e o segundo pelas estações TB_22 e TB_32 (figura VII.8.4.4-9).

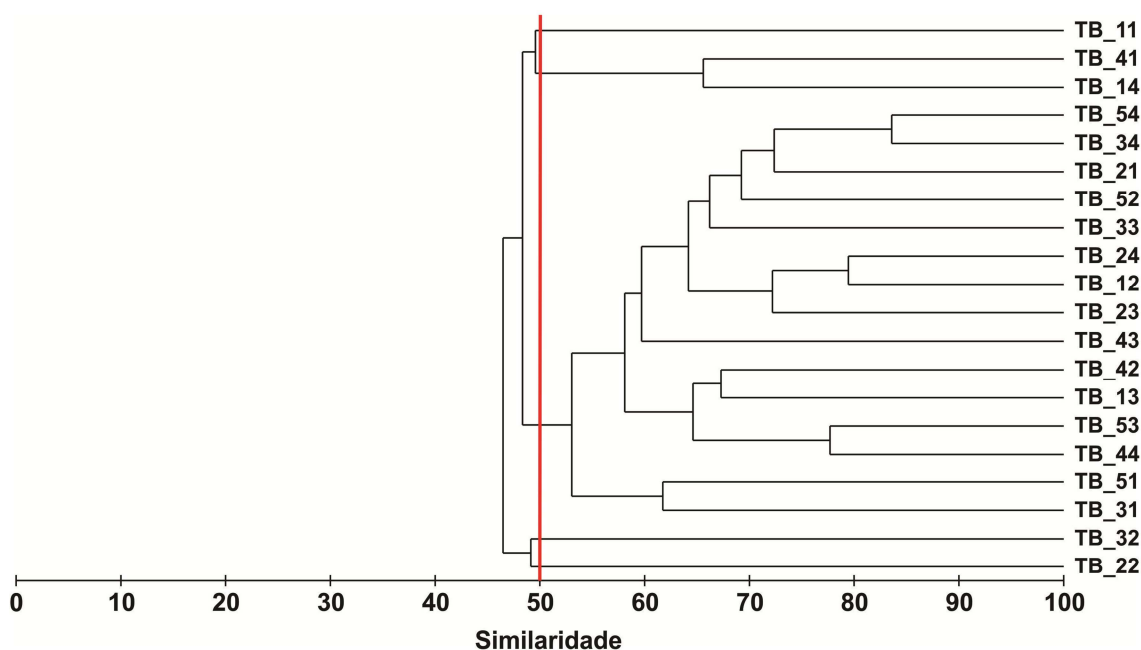


Figura VII.8.4.4-9 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações para Mollusca. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

A comparação das comunidades de Mollusca de Tubarão e de RS-BS mostra que as mesmas são distintas, mas as estações TB_13, TB_42, TB_43, TB_44 e TB_53 apresentam maior similaridade com RS-BS (figura VII.8.4.4-10).

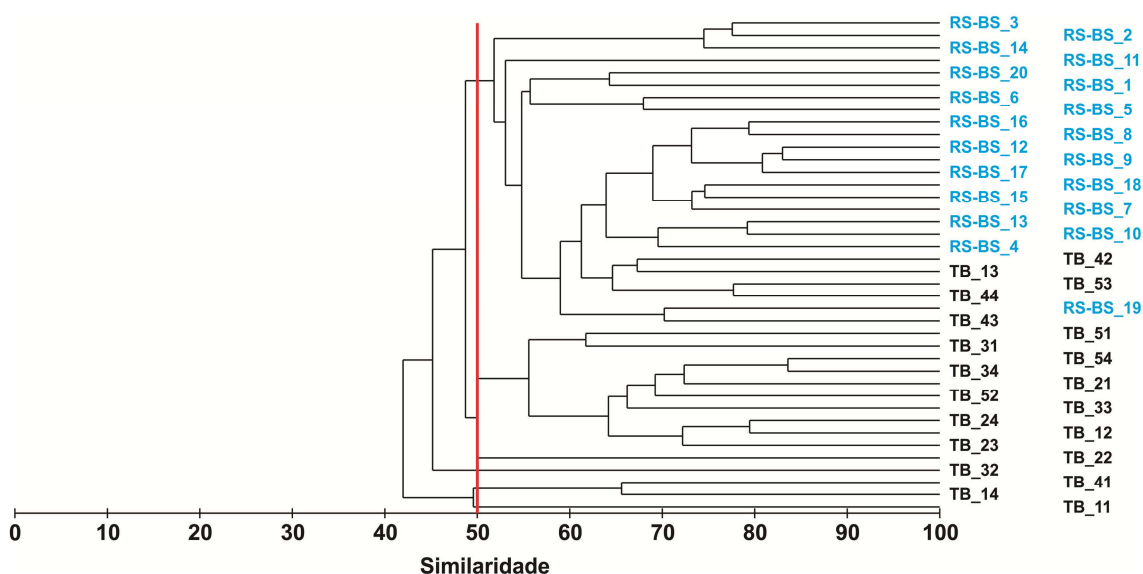


Figura VII.8.4.4-10 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Mollusca entre Tubarão e RS-BS – estrato de 0 - 2 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

Considerada apenas a comunidade de Polychaeta, as similaridades entre estações em Tubarão são superiores a 75%. Apenas as estações TB_11 e TB_31 apresentam valores abaixo desse percentual (figura VII.8.4.4-11).

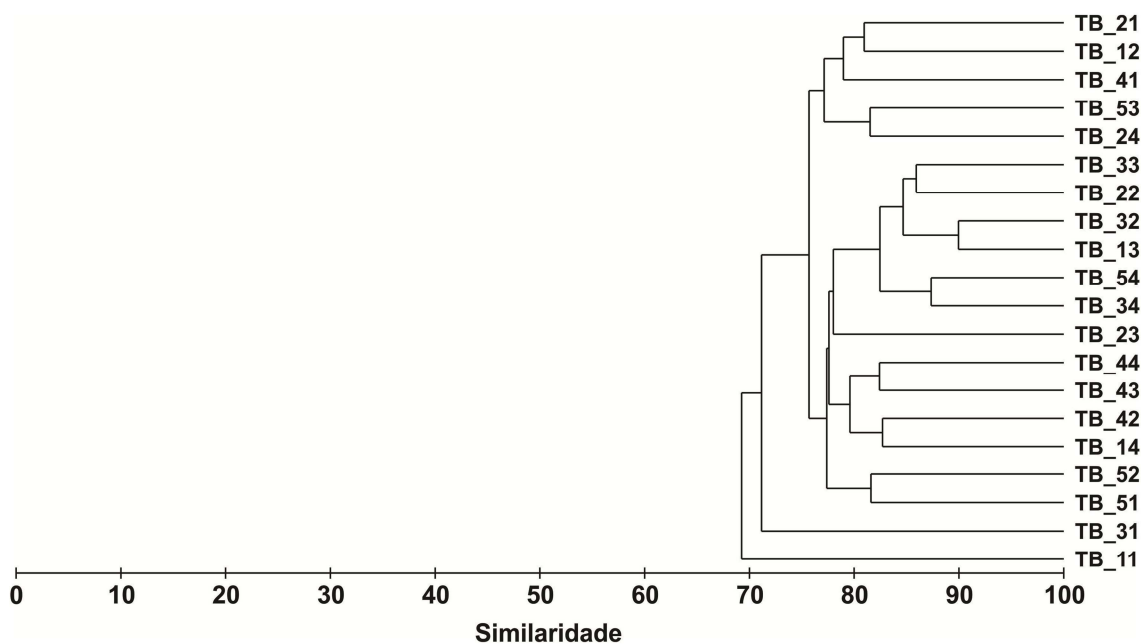


Figura VII.8.4.4-11 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações para *Polychaeta*. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.
Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

A comparação com RS-BS mostra cada uma das áreas em grupos distintos, mas com similaridades acima de 65% (figura VII.8.4.4-12).

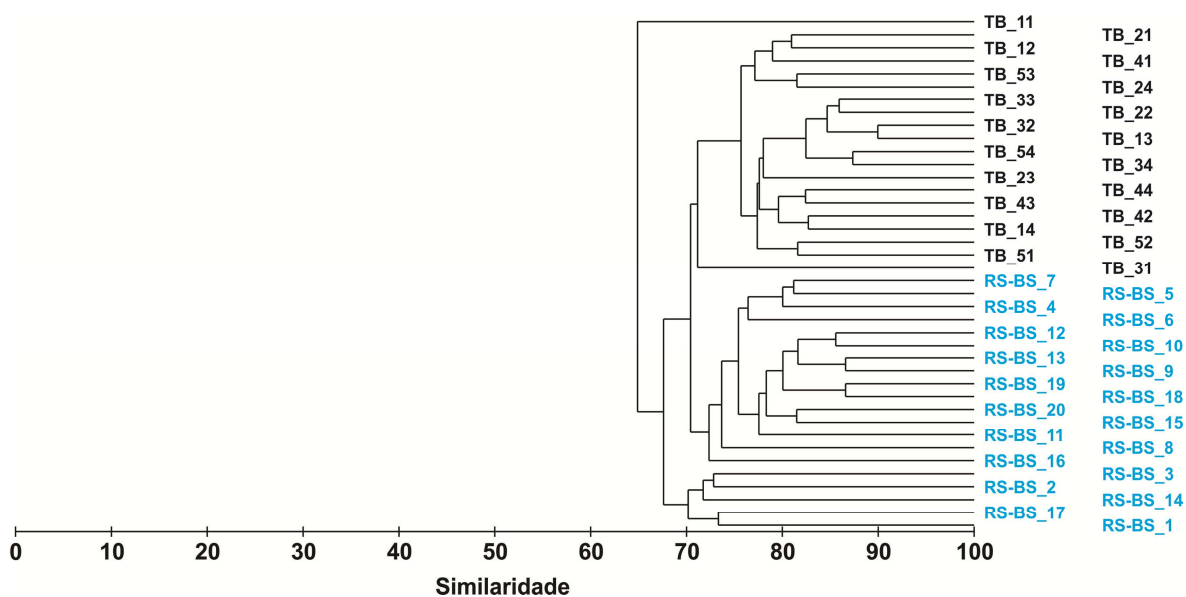


Figura VII.8.4.4-12 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Polychaeta entre Tubarão e RS-BS – estrato de 0 - 2 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

O dendrograma obtido para Crustacea apresenta similaridade acima de 60% entre estações (figura VII.8.4.4-13).

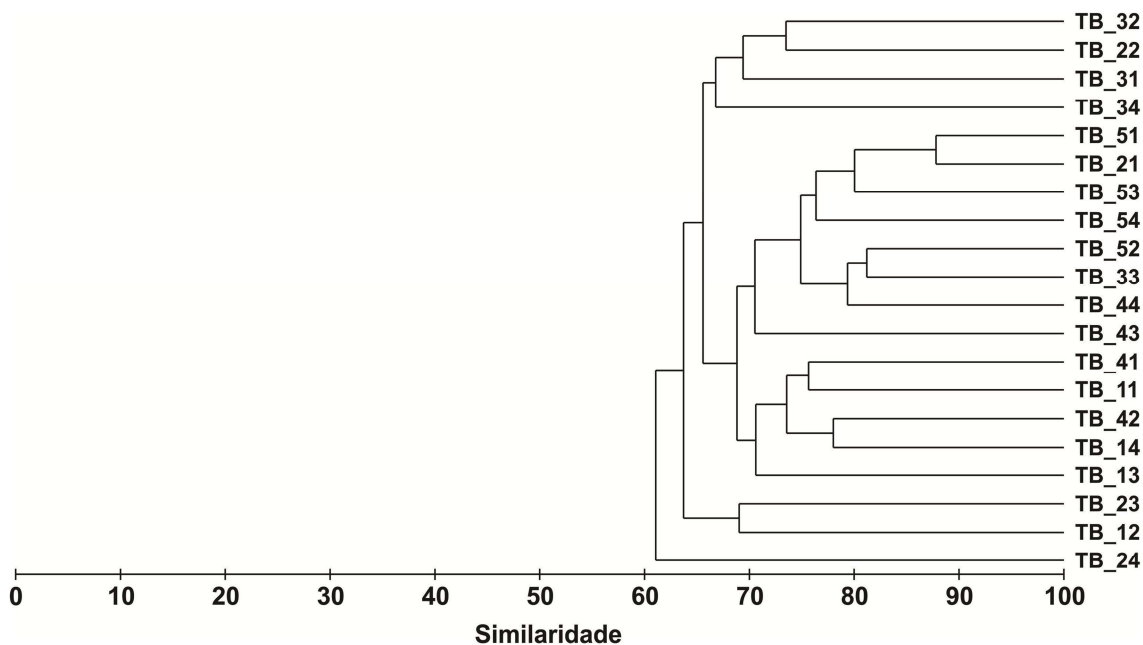


Figura VII.8.4.4-13 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações para Crustacea. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 0 - 2 cm.

O dendrograma gerado com os dados de Crustacea para Tubarão e RS-BS ilustra as semelhanças entre as duas áreas (figura VII.8.4.4-14).

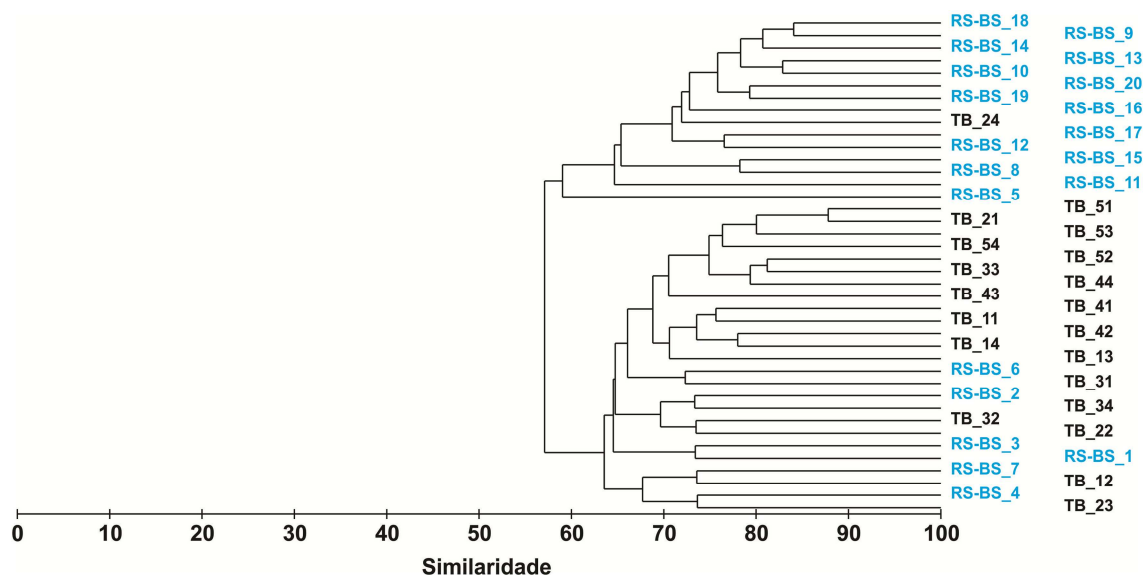


Figura VII.8.4.4-14 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Crustacea entre Tubarão e RS-BS – estrato de 0 - 2 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

Não foram feitas análises para os Echinodermata devido ao fato de não terem sido encontrados organismos desse filo em cinco das 20 estações estudadas.

A ordenação das estações no plano resultante da aplicação do MDS à matriz de dados granulométricos (pesos retidos nas peneiras) e sua respectiva sobreposição com os valores dos índices biológicos se encontram apresentados na figura VII.8.4.4-15. Os resultados não sugerem qualquer tipo de relação entre a granulometria e os índices biológicos.

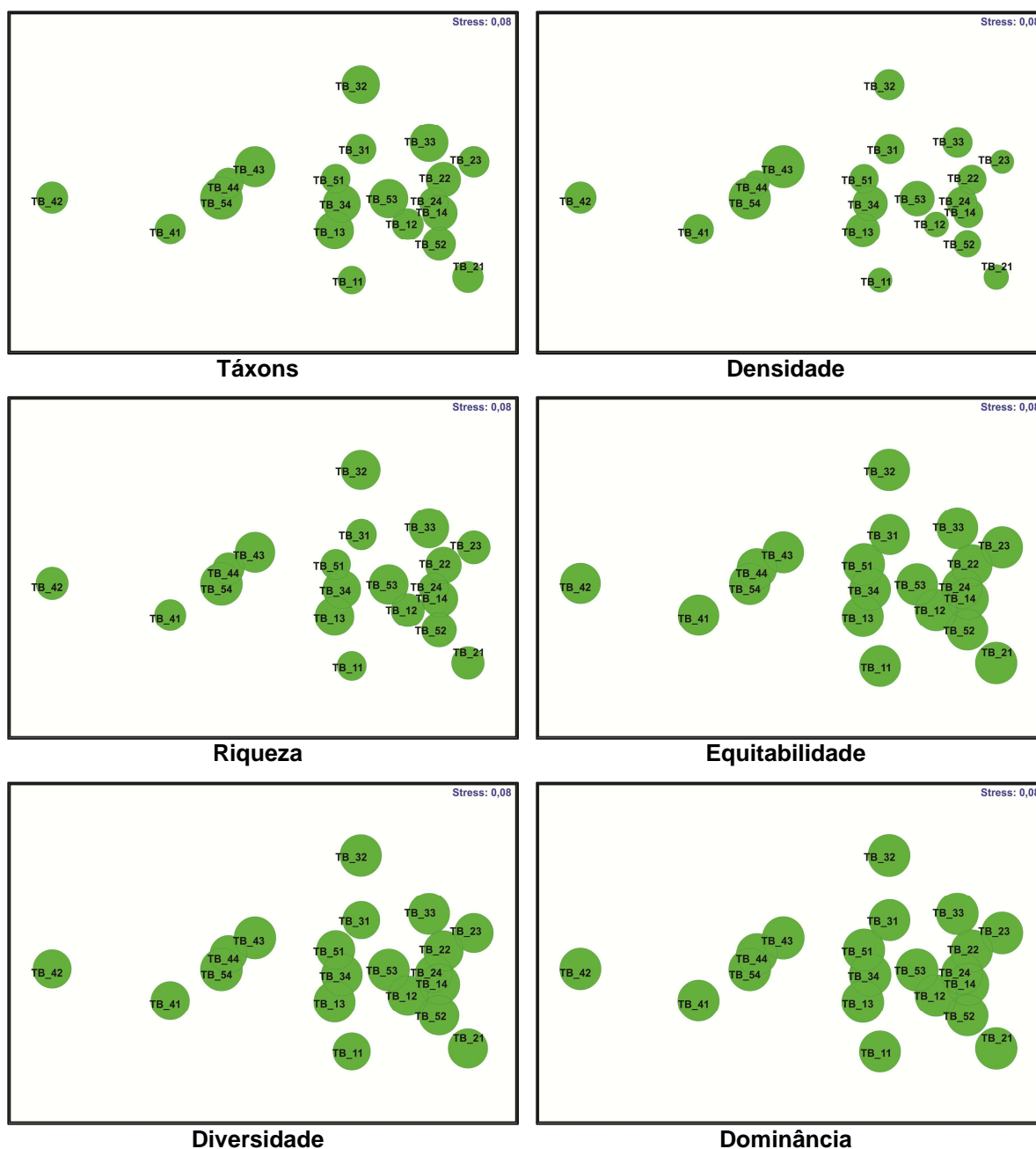


Figura VII.8.4.4-15 - Ordenação resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade granulométrica entre estações em Tubarão – estrato de 0 - 2 cm. Índice de Bray-Curtis. O tamanho dos círculos representa o valor relativo de cada variável.

VII.8.4.5 - Composição Taxonômica (2 - 5 cm) e Comparação com RN-BS

Neste estrato foram encontrados 116 táxons pertencentes a 13 grandes grupos taxonômicos (tabela VII.8.4.5-1).

Tabela VII.8.4.5-1 - Número de táxons por grandes grupos em Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

| Grupo | Táxons | % |
|---------------------|--------|--------|
| Filo Porifera | 1 | - |
| Classe Anthozoa* | 2 | - |
| Classe Hydrozoa* | 1 | - |
| Classe Turbellaria | 1 | - |
| Filo Nemertinea* | 1 | - |
| Filo Mollusca | 18 | 16,98 |
| Classe Polychaeta | 56 | 52,83 |
| Classe Oligochaeta | 1 | - |
| Filo Sipuncula* | 1 | - |
| Subfilo Crustacea | 27 | 25,47 |
| Filo Bryozoa* | 1 | - |
| Filo Echinodermata | 5 | 4,72 |
| Filo Chaetognata | 1 | - |
| Total* | 116 | - |
| Total identificados | 106 | 100,00 |

*não incluído no cálculo percentual.

O grupo com maior representatividade foi a classe Polychaeta com 56 táxons, compreendendo 24 famílias, duas subfamílias e 30 gêneros. O subfilo Crustacea foi representado por duas classes, cinco ordens, duas infraordem, 15 famílias, três gêneros. Já para o filo Mollusca foram individualizadas uma família, oito gêneros, e nove espécies. Para os Echinodermata foram identificadas cinco espécies.

O número de total de táxons encontrados nas estações variou entre 36 e 56 táxons, respectivamente nas estações TB_53 e TB_34. O valor mais alto do CV foi encontrado nas estações TB_14 e TB_22 onde foi registrado o valor de 35,4% (tabela VII.8.4.5-2).

Tabela VII.8.4.5-2 - Número de táxons, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) (%). Tubarão - estrato de 2 - 5 cm.

| Estações / Réplicas | R1 | R2 | R3 | Total | Média | DP | CV |
|---------------------|----|----|----|-------|-------|-----|------|
| TB_11 | 33 | 18 | 26 | 47 | 26 | 7,5 | 29,2 |
| TB_12 | 29 | 35 | 30 | 52 | 31 | 3,2 | 10,3 |
| TB_13 | 27 | 27 | 19 | 38 | 24 | 4,6 | 19,0 |
| TB_14 | 15 | 32 | 26 | 46 | 24 | 8,6 | 35,4 |
| TB_21 | 26 | 15 | 18 | 38 | 20 | 5,7 | 28,9 |
| TB_22 | 15 | 22 | 31 | 37 | 23 | 8,0 | 35,4 |
| TB_23 | 24 | 20 | 23 | 42 | 22 | 2,1 | 9,3 |
| TB_24 | 28 | 29 | 30 | 51 | 29 | 1,0 | 3,4 |
| TB_31 | 30 | 32 | 32 | 52 | 31 | 1,2 | 3,7 |
| TB_32 | 30 | 26 | 27 | 46 | 28 | 2,1 | 7,5 |
| TB_33 | 19 | 15 | 25 | 41 | 20 | 5,0 | 25,6 |
| TB_34 | 29 | 43 | 36 | 56 | 36 | 7,0 | 19,4 |
| TB_41 | 31 | 29 | 27 | 47 | 29 | 2,0 | 6,9 |
| TB_42 | 31 | 30 | 27 | 46 | 29 | 2,1 | 7,1 |
| TB_43 | 37 | 28 | 25 | 49 | 30 | 6,2 | 20,8 |
| TB_44 | 28 | 35 | 36 | 50 | 33 | 4,4 | 13,2 |
| TB_51 | 29 | 21 | 29 | 44 | 26 | 4,6 | 17,5 |
| TB_52 | 33 | 20 | 33 | 46 | 29 | 7,5 | 26,2 |
| TB_53 | 23 | 20 | 25 | 36 | 23 | 2,5 | 11,1 |
| TB_54 | 44 | 44 | 29 | 55 | 39 | 8,7 | 22,2 |

As similaridades qualitativas entre estações em Tubarão estão acima de 70% (figura VII.8.4.5-1).

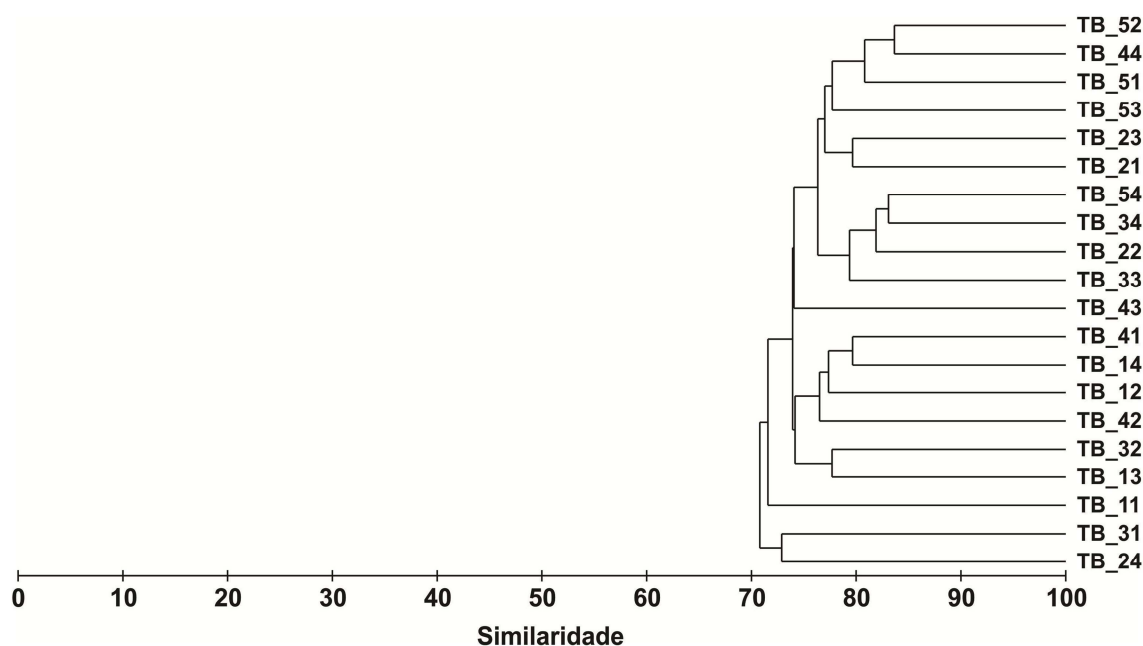


Figura VII.8.4.5-1 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre estações. Índice de Sorensen, agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

A comparação com RS-BS mostra que as duas áreas apresentam similaridade qualitativa de aproximadamente 64% (figura VII.8.4.5-2).

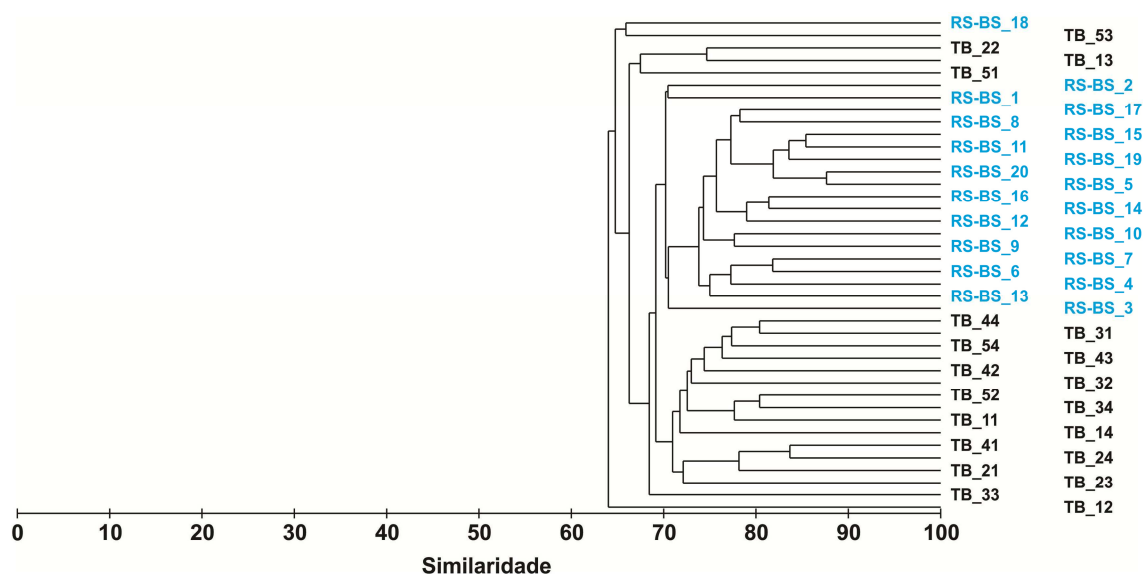


Figura VII.8.4.5-2 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre Tubarão e RS-BS. Índice de Sorensen – agrupamento pela média. Estrato de 2 - 5 cm.

Segundo a análise de similaridade (ANOSIM) as duas áreas (Tubarão e RS-BS) não apresentam diferenças significativas entre si ($R = 0,397$ e $NS = 0,1\%$). O percentual de dissimilaridade média (SIMPER) entre os dois grupos é de 32,30% (tabela VII.8.4.5-3).

Tabela VII.8.4.5-3 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 2 - 5 cm.

| Grupos | Dissimilaridade (média) | Similaridade (média) |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Tubarão – RS-BS | 32,30% | - |
| Tubarão | - | 69,62% |
| RS-BS | - | 73,38% |

Foram encontrados 141 táxons nas duas áreas, sendo que desses 81 são comuns às duas áreas, 35 são exclusivos de Tubarão e 25 exclusivos de RS-BS.

VII.8.4.6 - Densidade e Índices Ecológicos (2 - 5 cm) e Comparação com RN-BS

Os resultados de densidade (ind.m^{-2}), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson) se encontram relacionados na tabela VII.8.4.6-1 e ilustrados nas figuras VII.8.4.6-1 a VII.8.4.6-5. A tabela de densidade dos organismos por réplica encontra-se no anexo VII.8.4.4-1.

Tabela VII.8.4.6-1 - Densidade (ind.m^{-2}), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson), média e desvio padrão (DP) em Tubarão - estrato de 2 - 5 cm.

| Índice | Densidade (ind.m^{-2}) | | Riqueza (d) | | Equitabilidade (J') | | Diversidade (Log_2) | | Dominância ($1-\lambda'$) | |
|----------|--------------------------------------|------|----------------|------|------------------------|------|-----------------------------------|------|--------------------------------|------|
| Estações | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) |
| TB_11 | 1.183 | 290 | 3,43 | 0,88 | 0,93 | 0,03 | 4,29 | 0,52 | 0,93 | 0,03 |
| TB_12 | 1.308 | 300 | 4,19 | 0,35 | 0,95 | 0,03 | 4,68 | 0,18 | 0,95 | 0,01 |
| TB_13 | 1.083 | 382 | 3,25 | 0,47 | 0,93 | 0,05 | 4,24 | 0,19 | 0,93 | 0,02 |
| TB_14 | 1.017 | 416 | 3,31 | 1,04 | 0,96 | 0,01 | 4,33 | 0,55 | 0,94 | 0,02 |
| TB_21 | 817 | 302 | 2,79 | 0,76 | 0,95 | 0,03 | 4,03 | 0,39 | 0,93 | 0,02 |
| TB_22 | 1.308 | 626 | 3,01 | 0,91 | 0,93 | 0,01 | 4,12 | 0,47 | 0,93 | 0,02 |
| TB_23 | 1.000 | 284 | 3,10 | 0,17 | 0,94 | 0,03 | 4,20 | 0,02 | 0,94 | 0,00 |
| TB_24 | 1.733 | 284 | 3,76 | 0,13 | 0,93 | 0,00 | 4,50 | 0,06 | 0,94 | 0,00 |
| TB_31 | 1.417 | 442 | 4,15 | 0,24 | 0,94 | 0,03 | 4,66 | 0,16 | 0,95 | 0,01 |
| TB_32 | 1.250 | 205 | 3,70 | 0,24 | 0,93 | 0,02 | 4,46 | 0,06 | 0,94 | 0,01 |
| TB_33 | 817 | 275 | 2,73 | 0,68 | 0,93 | 0,00 | 3,93 | 0,39 | 0,92 | 0,02 |
| TB_34 | 1.775 | 363 | 4,54 | 0,75 | 0,93 | 0,01 | 4,76 | 0,23 | 0,95 | 0,01 |
| TB_41 | 1.483 | 321 | 3,85 | 0,32 | 0,93 | 0,02 | 4,50 | 0,19 | 0,94 | 0,01 |
| TB_42 | 1.942 | 445 | 3,62 | 0,09 | 0,89 | 0,03 | 4,29 | 0,09 | 0,93 | 0,01 |
| TB_43 | 1.775 | 1278 | 3,84 | 0,52 | 0,93 | 0,01 | 4,50 | 0,27 | 0,94 | 0,01 |
| TB_44 | 1.758 | 501 | 4,29 | 0,47 | 0,93 | 0,02 | 4,67 | 0,23 | 0,95 | 0,01 |
| TB_51 | 1283 | 123 | 3,40 | 0,53 | 0,94 | 0,01 | 4,37 | 0,24 | 0,94 | 0,01 |
| TB_52 | 1608 | 686 | 3,57 | 0,77 | 0,93 | 0,00 | 4,39 | 0,41 | 0,94 | 0,02 |
| TB_53 | 1133 | 270 | 3,04 | 0,19 | 0,93 | 0,02 | 4,14 | 0,15 | 0,93 | 0,01 |
| TB_54 | 2117 | 928 | 4,76 | 0,84 | 0,94 | 0,03 | 4,91 | 0,21 | 0,96 | 0,00 |
| Média | 1390 | - | 3,62 | - | 0,93 | - | 4,40 | - | 0,94 | - |
| DP | 372 | - | 0,57 | - | 0,01 | - | 0,25 | - | 0,01 | - |
| CV (%) | 26,79 | - | 15,70 | - | 1,44 | - | 5,78 | - | 1,15 | - |

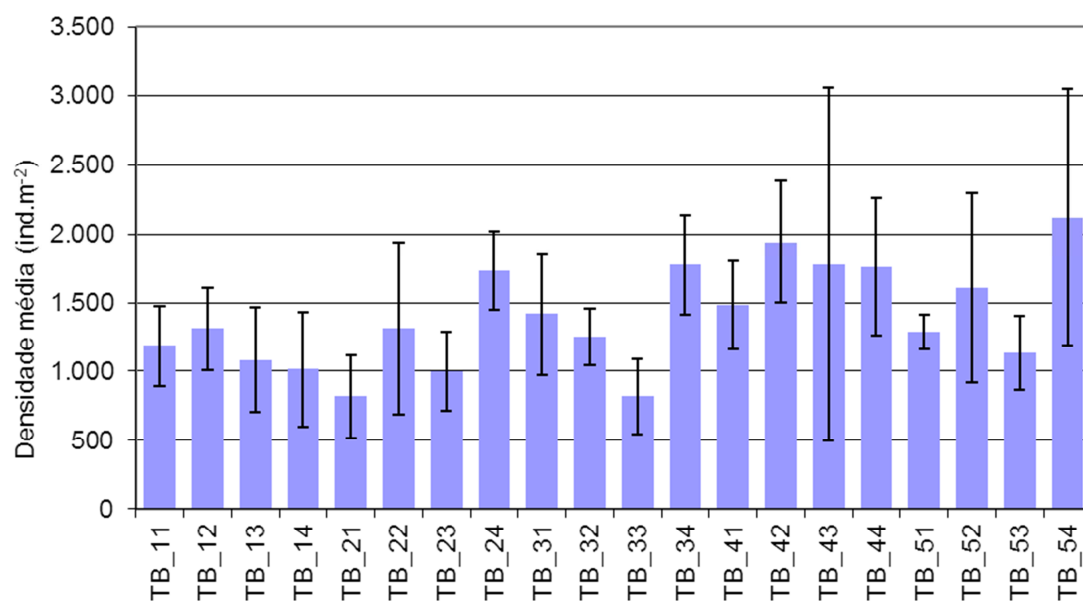


Figura VII.8.4.6-1 - Densidade média (ind.m²) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

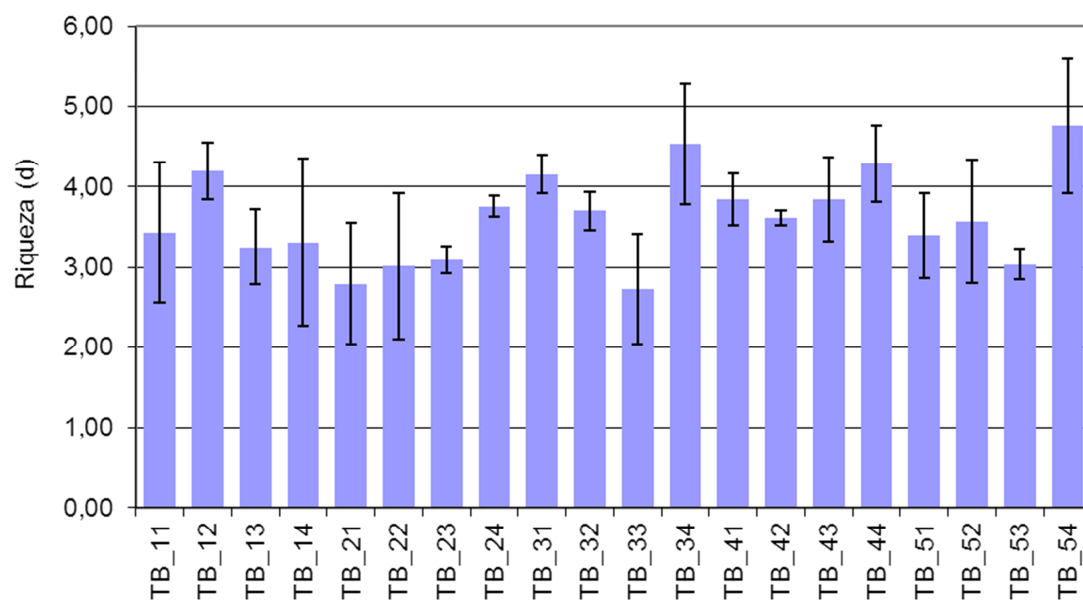


Figura VII.8.4.6-2 - Riqueza média (d) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

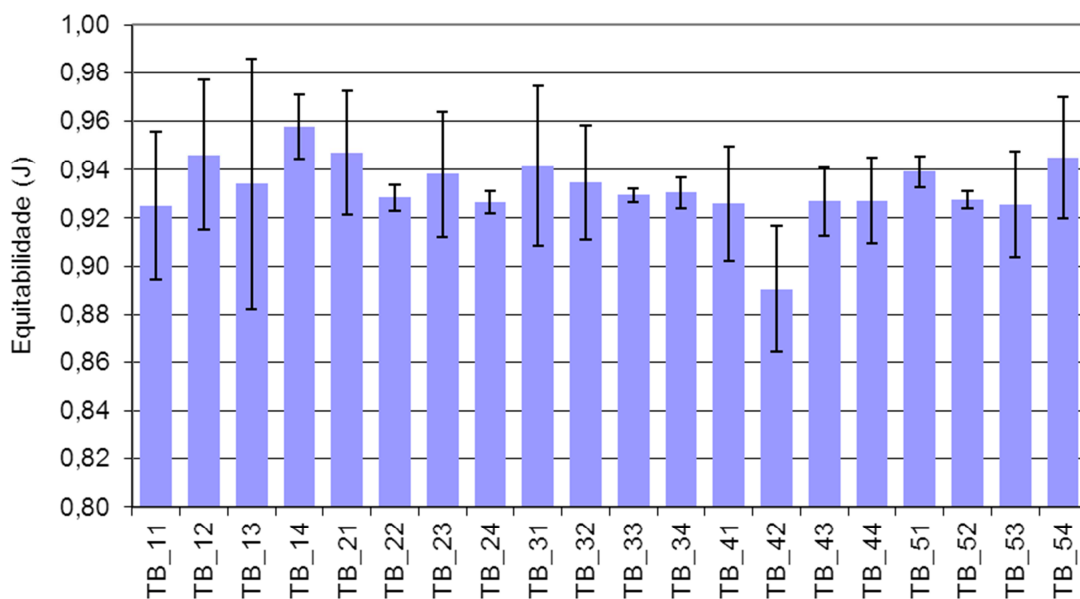


Figura VII.8.4.6-3 - Equitabilidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

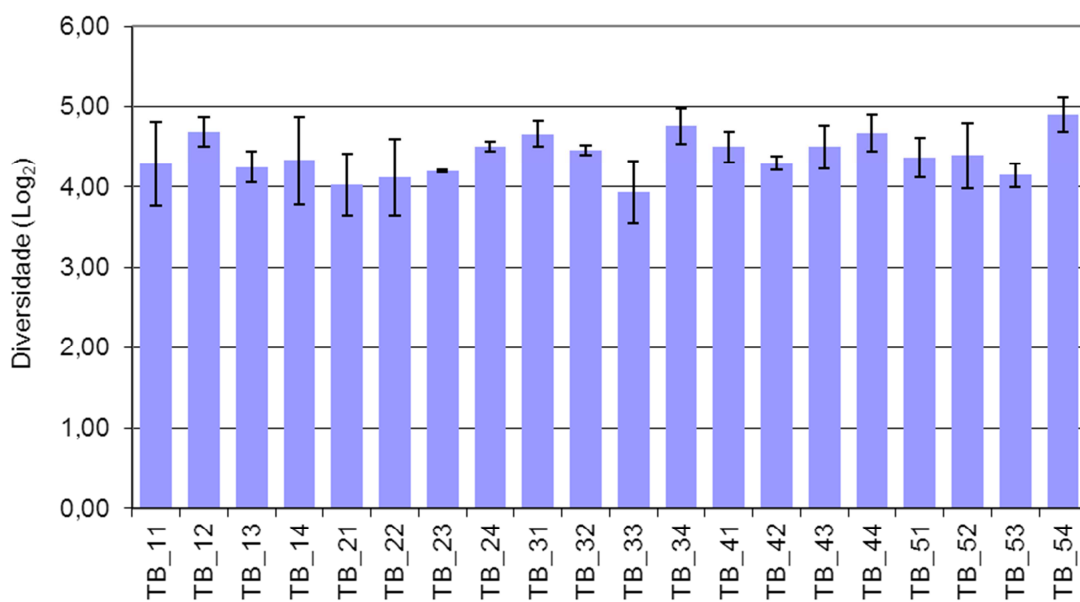


Figura VII.8.4.6-4 - Diversidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

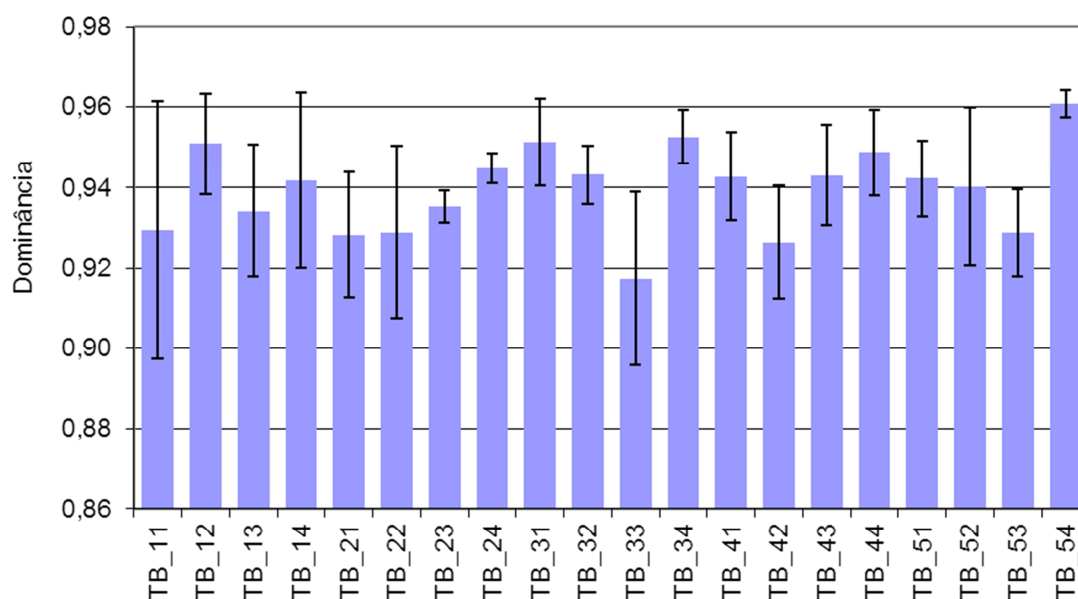


Figura VII.8.4.6-5 - Dominância média (ind.m²) e barra de desvio padrão (±).
Tubarão – estrato de 2-5 cm.

A comparação dos índices biológicos de Tubarão com a área de Referência Sul (RS-BS) revela maiores diferenças na riqueza (figura VII.8.4.6-6), com maior variabilidade desse índice em Tubarão. Os outros índices avaliados apresentaram valores e variabilidade muito semelhantes.

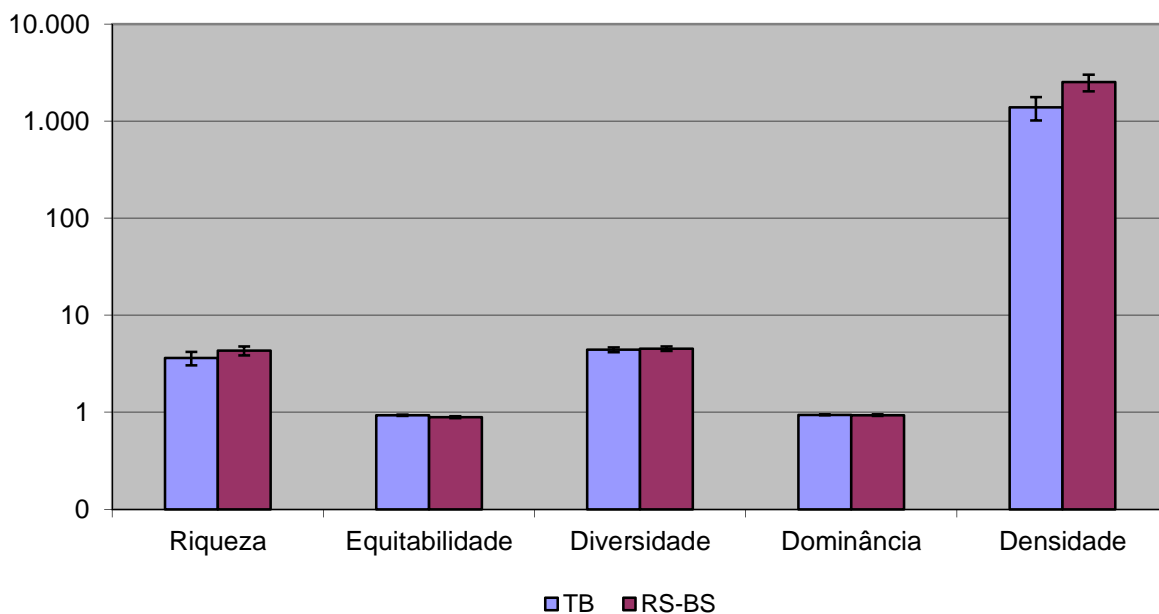


Figura VII.8.4.6-6 - Valores médios de riqueza (d), equitabilidade (J), diversidade ($H' = \log_2$), Dominância ($1 - \lambda$), densidade (ind.m^{-2}) e respectivas barras de desvio padrão (\pm). Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm.

As similaridades quantitativas entre estações são superiores a 59% (figura VII.8.4.6-7), e não se pode inferir por relações espaciais a partir das estações que formam os grupamentos.

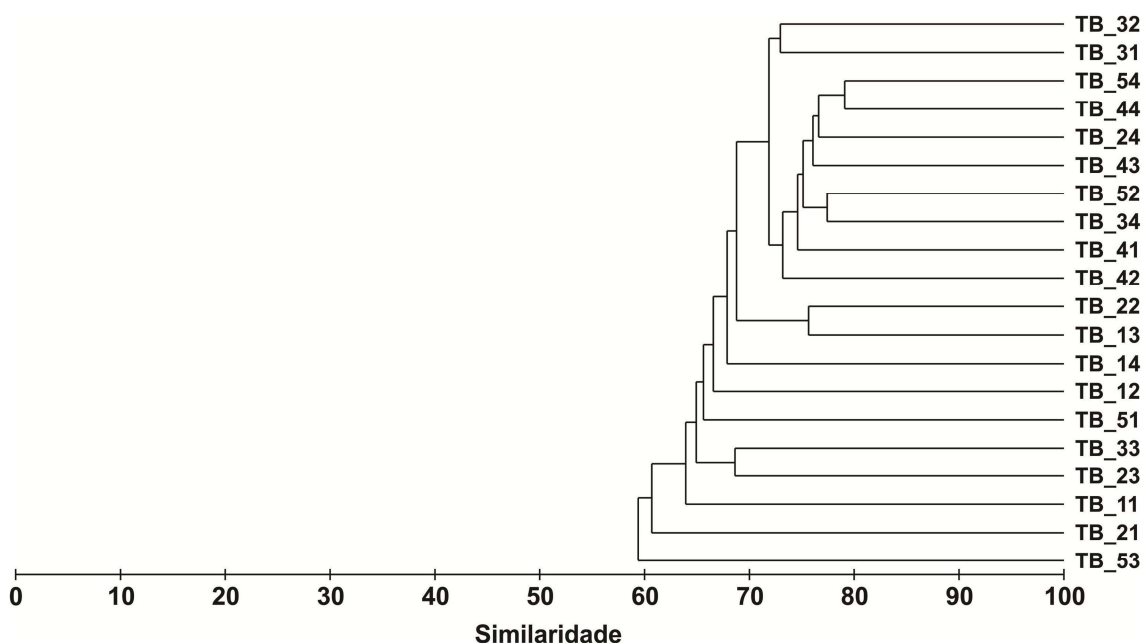


Figura VII.8.4.6-7 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

O dendrograma resultante da matriz de similaridade quantitativa entre Tubarão e RS-BS mostra as duas áreas constituindo grupos com similaridade de 65% (figura VII.8.4.6-8). Oito estações, seis de Tubarão e duas de RS-BS, formam um grupo com similaridade um pouco mais baixa (60%) em relação aos dois outros.

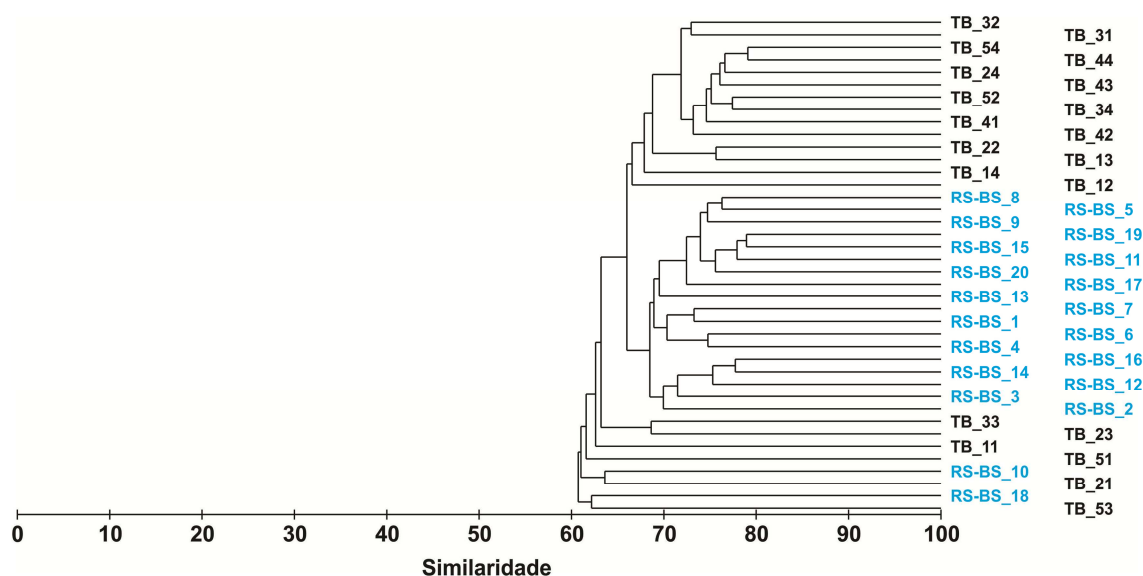


Figura VII.8.4.6-8 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

A avaliação das similaridades/dissimilaridades quantitativas percentuais (SIMPER) entre as duas áreas encontra-se apresentada na tabela VII.8.4.6-2.

Tabela VII.8.4.6-2 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 2 - 5 cm.

| Grupos | Dissimilaridade (média) | Similaridade (média) |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Tubarão x RS-BS | 36,11% | - |
| Tubarão | - | 66,82% |
| RS-BS | - | 68,86% |

As diferenças observadas entre os dois grupos, avaliadas pela análise de similaridade (ANOSIM), não são significativas ($R = 0,426$ e $NS = 0,1\%$).

O dendrograma de similaridade quantitativa feito para a comunidade de Mollusca apresenta-se muito fragmentado. As baixas similaridades decorrem do baixo número de táxons encontrados em cada estação neste estrato (figura VII.8.4.6-9). De fato, em apenas cinco estações ocorrerem mais de quatro táxons.

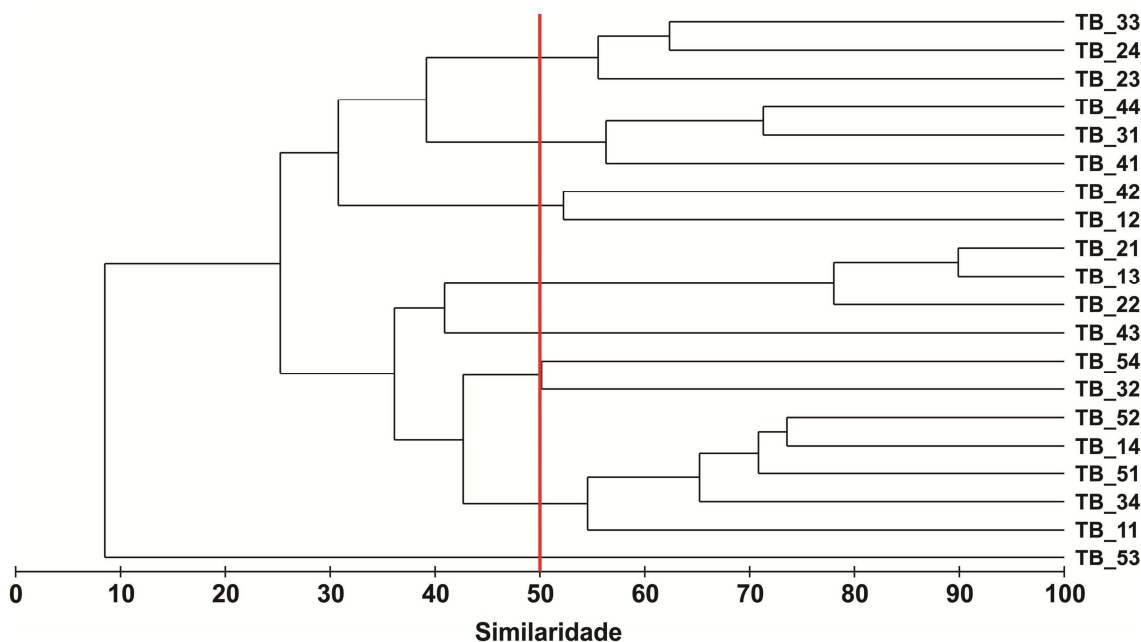


Figura VII.8.4.6-9 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Mollusca entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

A comparação das comunidades de Mollusca de Tubarão e de RS-BS mostra similaridades baixas e a mistura de dez estações de Tubarão em grupamentos com RS-BS (figura VII.8.4.6-10).

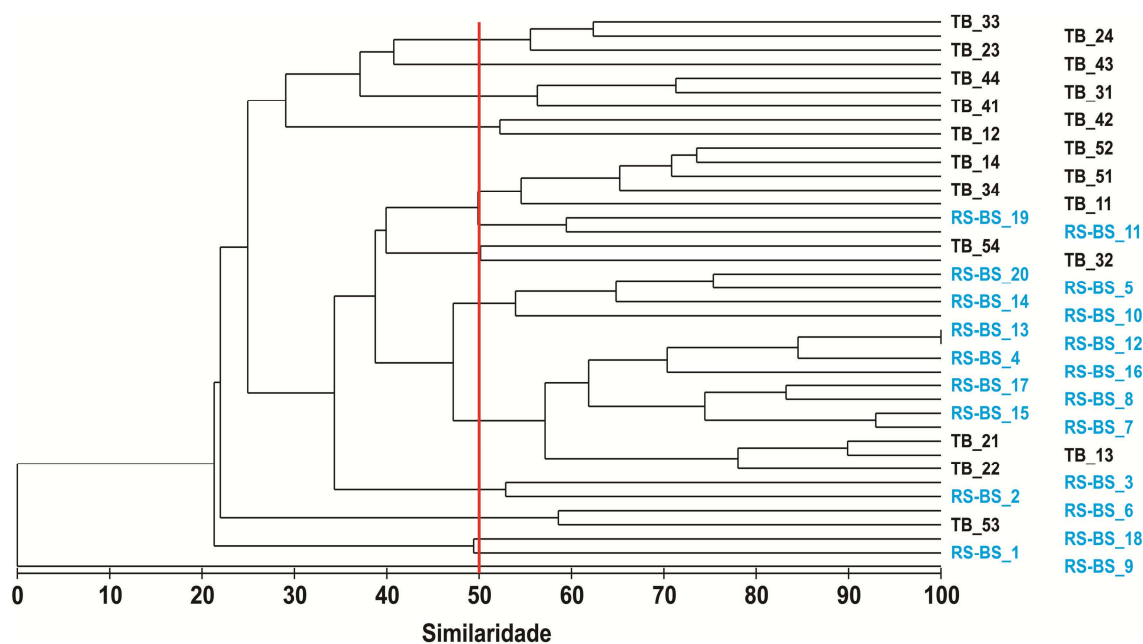


Figura VII.8.4.6-10 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Mollusca entre Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

A mesma análise realizada com os dados de densidade de Polychaeta retorna similaridades altas, acima de 65% entre as estações de Tubarão (figura VII.8.4.6-11).

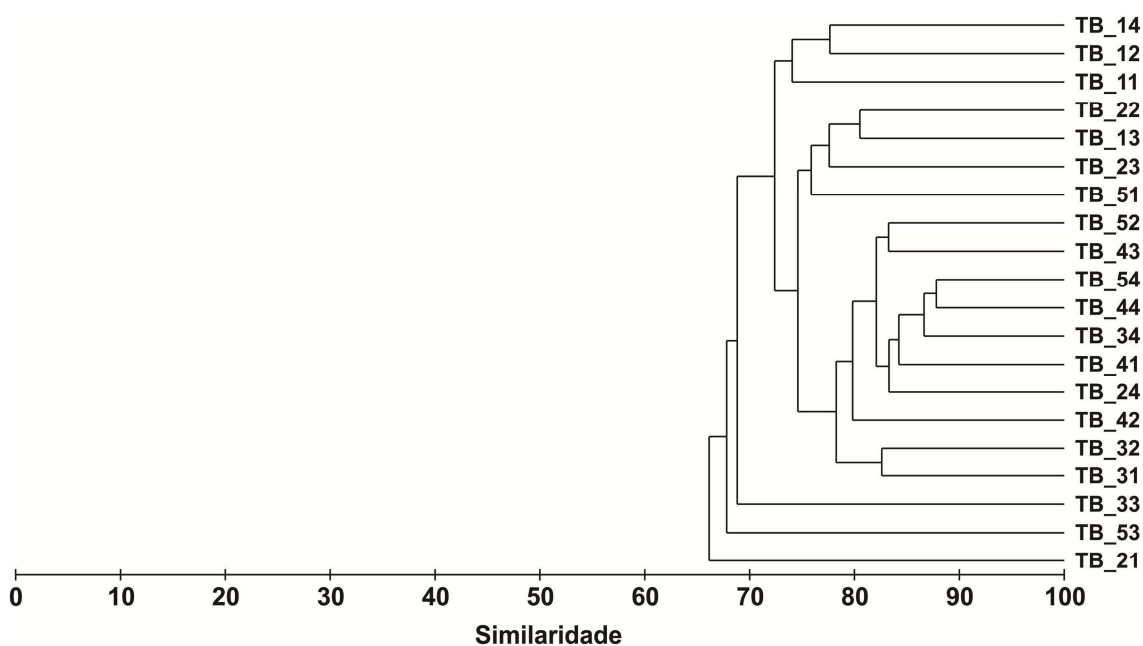


Figura VII.8.4.6-11 - Dendrograma de similaridade quantitativa de *Polychaeta* entre estações. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

A comparação dos dados de *Polychaeta* com os da área de referência (RS-BS) mostra a separação das mesmas em dois conjuntos distintos com similaridade de 73% e um grupamento composto por estações das duas áreas com similaridades um pouco mais baixas (figura VII.8.4.6-12).

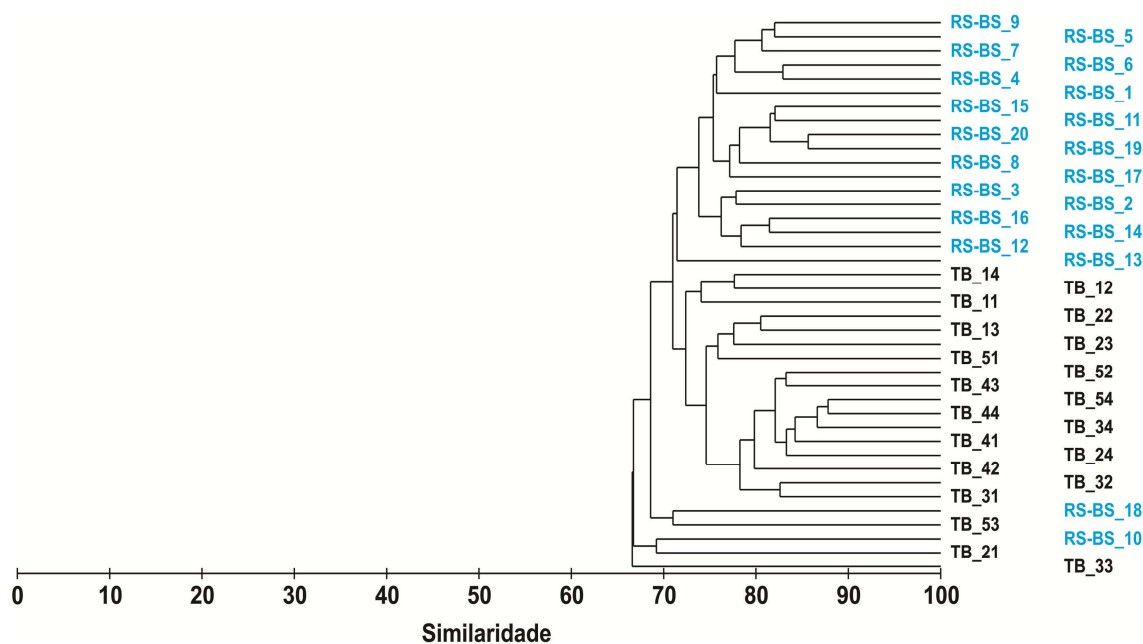


Figura VII.8.4.6-12 - Dendrograma de similaridade quantitativa para *Polychaeta* entre Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

O dendrograma obtido para Crustacea mostra quatro estações com similaridades inferiores a 50% (figura VII.8.4.6-13). A estação TB_53 apresentou a menor densidade e o menor número de táxons e as outras três foram influenciadas pelas baixas densidades de *Ampelisca* sp. (Crustacea-Amphipoda).

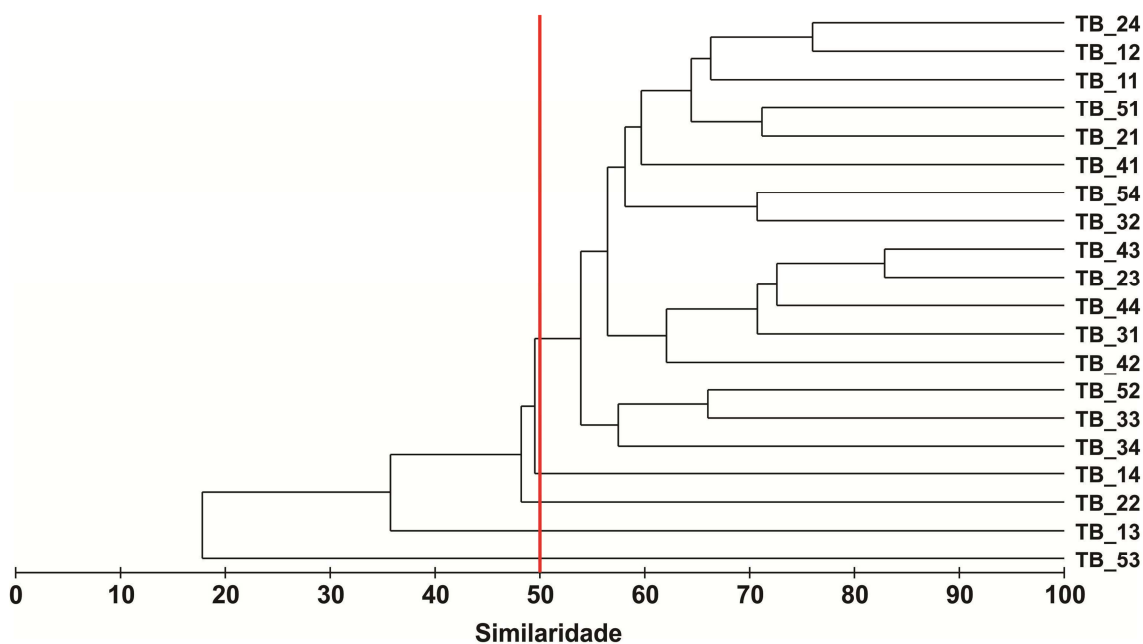


Figura VII.8.4.6-13 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Crustacea entre estações. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 2 - 5 cm.

O dendrograma gerado a partir dos dados de Crustacea apresenta uma grande mistura entre Tubarão e RS-BS o que ilustra as semelhanças entre as duas áreas (figura VII.8.4.6-14).

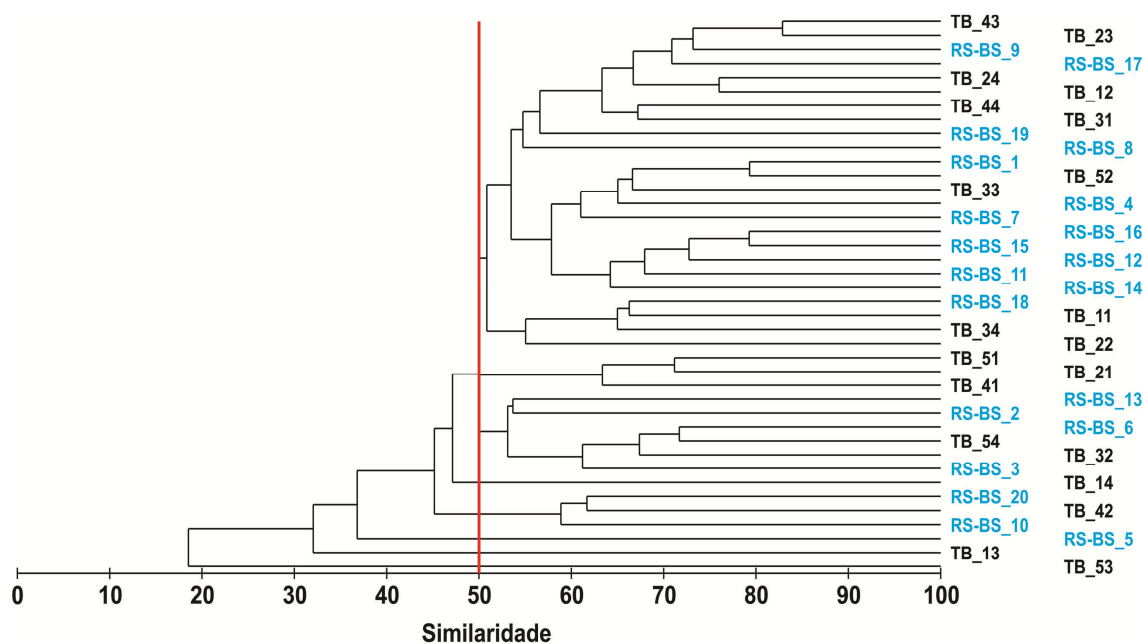


Figura VII.8.4.6-14 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Crustacea entre Tubarão e RS-BS – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

A sobreposição dos valores dos índices biológicos sobre o diagrama resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade de dados granulométricos (pesos retidos nas peneiras) se encontra na figura VII.8.4.6-15. Os resultados não sugerem relação entre a granulometria e os valores dos índices biológicos medidos.

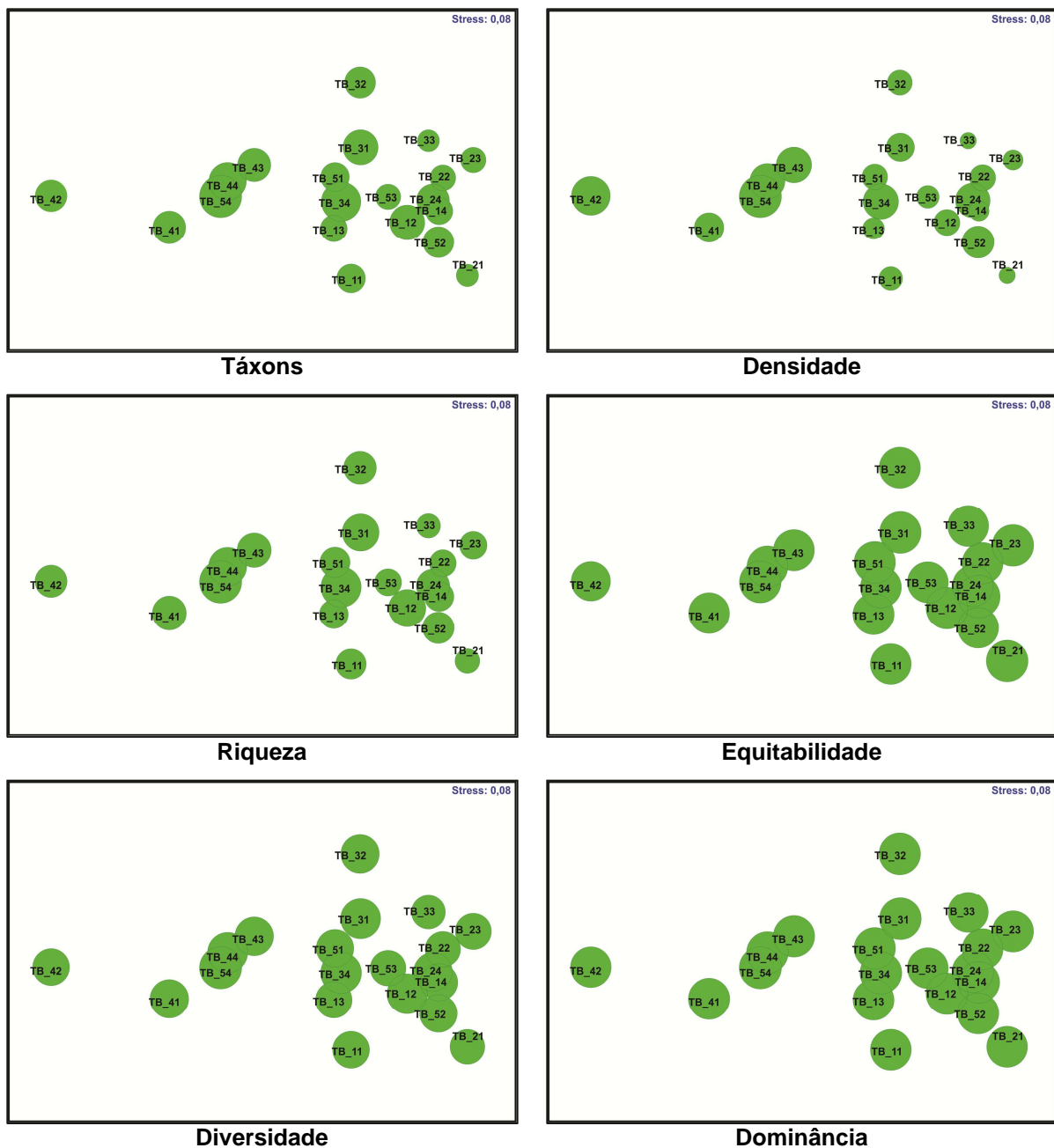


Figura VII.8.4.6-15 - Ordenação resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade granulométrica entre estações em Tubarão – estrato de 2 - 5 cm. Índice de Bray-Curtis. O tamanho dos círculos representa o valor relativo de cada variável.

VII.8.4.7 - Composição taxonômica (5 - 10 cm) e Comparação com RN-BS

Neste estrato foram encontrados 94 táxons pertencentes a dez grandes grupos taxonômicos (tabela VII.8.4.7-1).

Tabela VII.8.4.7-1 - Número de táxons por grandes grupos em Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

| Grupo | Táxons | % |
|---------------------|--------|--------|
| Classe Anthozoa* | 2 | - |
| Classe Hidrozoa* | 1 | - |
| Classe Turbellaria | 1 | - |
| Filo Nemertinea* | 1 | - |
| Filo Mollusca | 12 | 13,79 |
| Classe Polychaeta | 50 | 57,47 |
| Filo Sipuncula* | 1 | - |
| Subfilo Crustacea | 23 | 26,44 |
| Filo Bryozoa* | 1 | - |
| Filo Echinodermata | 2 | 2,30 |
| Total* | 94 | - |
| Total identificados | 87 | 100,00 |

*não incluído no cálculo percentual.

O grupo com maior representatividade foi a classe Polychaeta com 50 táxons correspondentes 23 famílias, uma subfamília e 26 gêneros. O subfilo Crustacea foi representado por duas classe, três ordem, uma infraordem, 12 famílias, três gêneros e duas espécies. Para o filo Mollusca foram individualizadas seis gêneros e seis espécies. Finalmente, para o filo Echinodermata foram identificados um gênero e uma espécie.

O número de total de táxons variou entre 18 e 37 táxons. O valor mais alto do CV foi encontrado na estação TB_13 com 60,4% (tabela VII.8.4.7-2).

Tabela VII.8.4.7-2 - Número de táxons, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) (%). Tubarão - estrato de 5 - 10 cm.

| Estações / Réplicas | R1 | R2 | R3 | Total | Média | DP | CV |
|---------------------|----|----|----|-------|-------|-----|------|
| TB_11 | 8 | 8 | 12 | 21 | 9 | 2,3 | 24,7 |
| TB_12 | 11 | 11 | 14 | 27 | 12 | 1,7 | 14,4 |
| TB_13 | 3 | 13 | 9 | 18 | 8 | 5,0 | 60,4 |
| TB_14 | 9 | 6 | 16 | 23 | 10 | 5,1 | 49,7 |
| TB_21 | 6 | 13 | 8 | 20 | 9 | 3,6 | 40,1 |
| TB_22 | 9 | 16 | 11 | 28 | 12 | 3,6 | 30,0 |
| TB_23 | 9 | 5 | 7 | 19 | 7 | 2,0 | 28,6 |
| TB_24 | 11 | 18 | 15 | 31 | 15 | 3,5 | 23,9 |
| TB_31 | 13 | 13 | 15 | 33 | 14 | 1,2 | 8,4 |
| TB_32 | 24 | 15 | 11 | 37 | 17 | 6,7 | 39,9 |
| TB_33 | 4 | 11 | 9 | 20 | 8 | 3,6 | 45,1 |
| TB_34 | 11 | 22 | 12 | 33 | 15 | 6,1 | 40,6 |
| TB_41 | 10 | 19 | 13 | 29 | 14 | 4,6 | 32,7 |
| TB_42 | 14 | 9 | 12 | 25 | 12 | 2,5 | 21,6 |
| TB_43 | 7 | 9 | 7 | 20 | 8 | 1,2 | 15,1 |
| TB_44 | 6 | 15 | 12 | 25 | 11 | 4,6 | 41,7 |
| TB_51 | 19 | 19 | 10 | 28 | 16 | 5,2 | 32,5 |
| TB_52 | 13 | 5 | 12 | 24 | 10 | 4,4 | 43,6 |
| TB_53 | 7 | 5 | 12 | 19 | 8 | 3,6 | 45,1 |
| TB_54 | 20 | 15 | 9 | 29 | 15 | 5,5 | 37,6 |

O dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre estações destaca seis estações com similaridade inferior a 50% em relação aos demais grupos (figura VII.8.4.7-1).

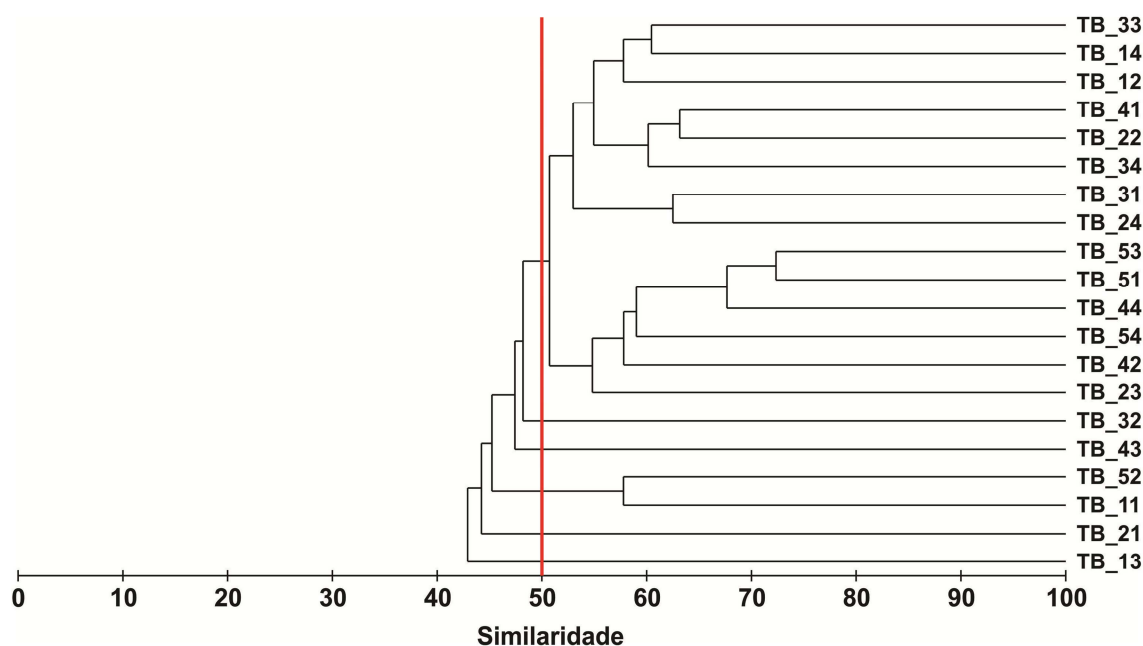


Figura VII.8.4.7-1 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre estações. Índice de Sorensen, agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

A comparação com a área controle (RS-BS) mostra que as duas apresentam similaridade de 34,2% (figura VII.8.4.7-2).

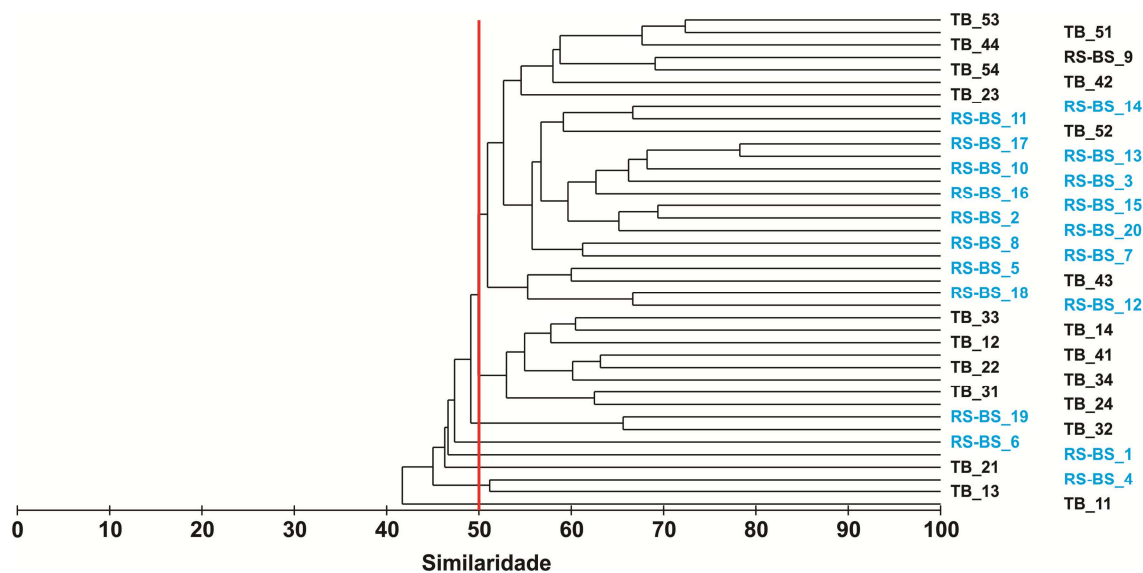


Figura VII.8.4.7-2 - Dendrograma representativo da similaridade qualitativa entre Tubarão e RS-BS. Índice de Sorensen – agrupamento pela média. Estrato de 5 - 10 cm.

Segundo a análise de similaridade (ANOSIM) as duas áreas (Tubarão e RS-BS) apresentam diferenças significativas entre si ($R = 0,224$ e $NS = 0,1\%$). O percentual de dissimilaridade média (SIMPER) entre os dois grupos é de 51,11% (tabela VII.8.4.7-3).

Tabela VII.8.4.7-3 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 5 - 10 cm.

| Grupos | Dissimilaridade (média) | Similaridade (média) |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Tubarão – RS-BS | 51,11% | - |
| Tubarão | - | 49,37% |
| RS-BS | - | 54,64% |

Foram encontrados 112 táxons nas duas áreas, sendo 64 comuns às duas áreas, 30 exclusivos de Tubarão e 18 exclusivos de RS-BS.

VII.8.4.8 - Densidade e Índices Ecológicos (5 - 10 cm) e Comparação com RS-BS

Os resultados de densidade (ind.m^{-2}), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson) se encontram relacionados na tabela VII.8.4.8-1 e ilustrados nas figuras VII.8.4.8-1 a VII.8.4.8-5. A tabela de densidade dos organismos por réplica encontra-se no anexo VII.8.4.4-1.

A densidade, a riqueza e a diversidade foram os índices que apresentaram as maiores variabilidades, o que reflete nos CVs que foram, respectivamente, de 40,04%, 24,02% e 11,86%. Já a equitabilidade apresentou CV de 1,84% e a dominância de 3,85%.

Tabela VII.8.4.8-1 - Densidade (ind.m^{-2}), riqueza (Margalef), equitabilidade (Pielou), diversidade (Shannon-Wiener) e dominância (Simpson), média e desvio padrão (DP) em TB - estrato de 5 - 10 cm.

| Índice Estações | Densidade (ind.m^{-2}) | | Riqueza (d) | | Equitabilidade (J') | | Diversidade (Log_2) | | Dominância ($1-\lambda'$) | |
|--------------------|--------------------------------------|------|----------------|------|------------------------|------|-----------------------------------|------|--------------------------------|------|
| | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) | Média | (DP) |
| TB_11 | 333 | 76 | 1,43 | 0,35 | 0,93 | 0,04 | 2,95 | 0,31 | 0,84 | 0,03 |
| TB_12 | 442 | 76 | 1,81 | 0,23 | 0,95 | 0,03 | 3,40 | 0,24 | 0,89 | 0,03 |
| TB_13 | 325 | 263 | 1,19 | 0,71 | 0,96 | 0,03 | 2,63 | 0,95 | 0,81 | 0,12 |
| TB_14 | 358 | 213 | 1,57 | 0,71 | 0,96 | 0,01 | 3,13 | 0,65 | 0,87 | 0,05 |
| TB_21 | 308 | 52 | 1,27 | 0,53 | 0,97 | 0,00 | 2,90 | 0,50 | 0,86 | 0,04 |
| TB_22 | 408 | 88 | 1,77 | 0,44 | 0,95 | 0,02 | 3,34 | 0,41 | 0,88 | 0,04 |
| TB_23 | 200 | 115 | 1,07 | 0,38 | 0,97 | 0,04 | 2,58 | 0,51 | 0,82 | 0,06 |
| TB_24 | 642 | 250 | 2,07 | 0,41 | 0,93 | 0,03 | 3,54 | 0,31 | 0,90 | 0,02 |
| TB_31 | 525 | 115 | 1,97 | 0,04 | 0,95 | 0,02 | 3,54 | 0,05 | 0,90 | 0,01 |
| TB_32 | 858 | 723 | 2,30 | 0,61 | 0,94 | 0,04 | 3,72 | 0,37 | 0,91 | 0,02 |
| TB_33 | 242 | 123 | 1,26 | 0,55 | 0,98 | 0,02 | 2,80 | 0,72 | 0,84 | 0,07 |
| TB_34 | 550 | 346 | 2,17 | 0,65 | 0,97 | 0,02 | 3,68 | 0,40 | 0,92 | 0,02 |
| TB_41 | 483 | 277 | 1,99 | 0,71 | 0,97 | 0,02 | 3,52 | 0,55 | 0,90 | 0,03 |
| TB_42 | 383 | 138 | 1,73 | 0,41 | 0,97 | 0,02 | 3,36 | 0,39 | 0,90 | 0,03 |
| TB_43 | 225 | 50 | 1,17 | 0,23 | 0,97 | 0,00 | 2,78 | 0,29 | 0,85 | 0,03 |
| TB_44 | 450 | 214 | 1,62 | 0,63 | 0,94 | 0,02 | 3,16 | 0,58 | 0,87 | 0,04 |
| TB_51 | 717 | 292 | 2,22 | 0,63 | 0,93 | 0,02 | 3,62 | 0,43 | 0,90 | 0,03 |
| TB_52 | 392 | 176 | 1,38 | 0,72 | 0,94 | 0,02 | 2,87 | 0,90 | 0,83 | 0,11 |
| TB_53 | 225 | 100 | 1,22 | 0,46 | 0,97 | 0,03 | 2,79 | 0,55 | 0,84 | 0,05 |
| TB_54 | 500 | 195 | 2,08 | 0,70 | 0,97 | 0,02 | 3,61 | 0,50 | 0,91 | 0,03 |
| Média | 428 | - | 1,67 | - | 0,96 | - | 3,20 | - | 0,87 | - |
| DP | 172 | - | 0,40 | - | 0,02 | - | 0,38 | - | 0,03 | - |
| CV (%) | 40,04 | - | 24,02 | - | 1,84 | - | 11,86 | - | 3,85 | - |

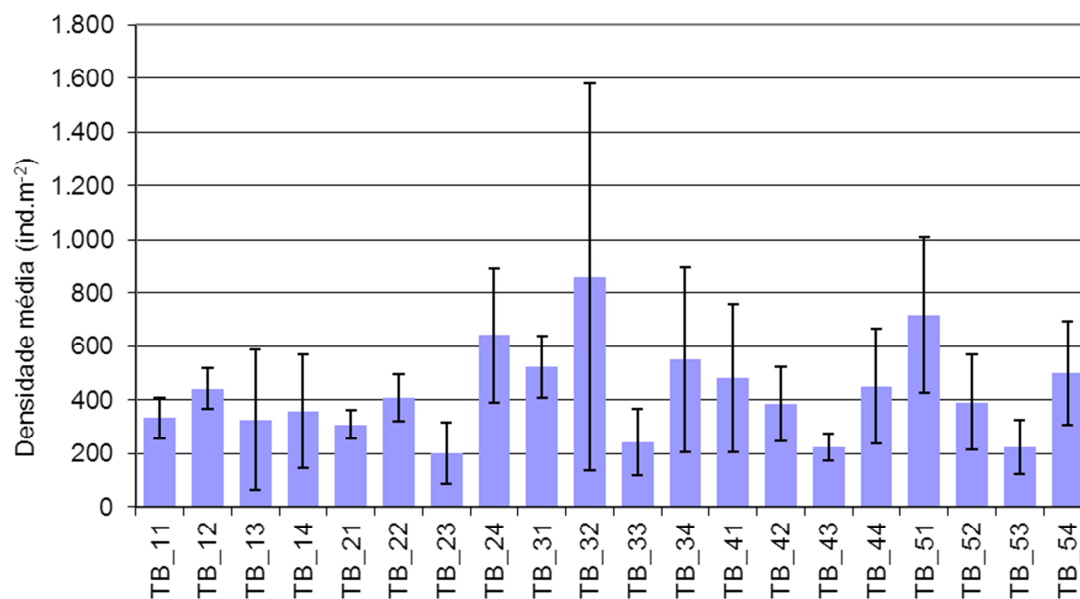


Figura VII.8.4.8-1 - Densidade média (ind.m²) e barra de desvio padrão (\pm).
Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

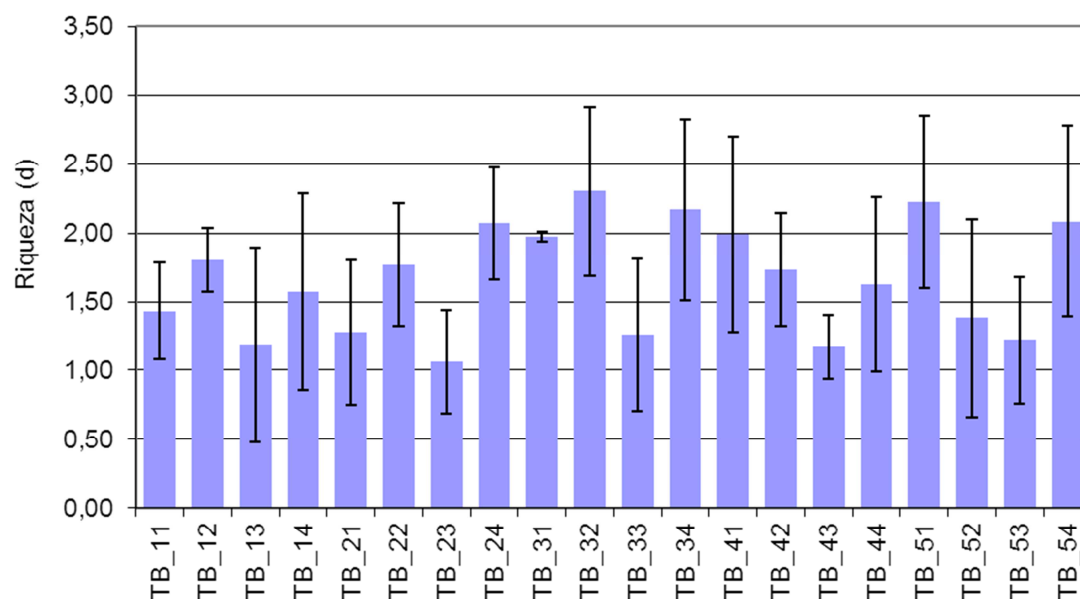


Figura VII.8.4.8-2 - Riqueza média (d) e barra de desvio padrão (\pm). Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

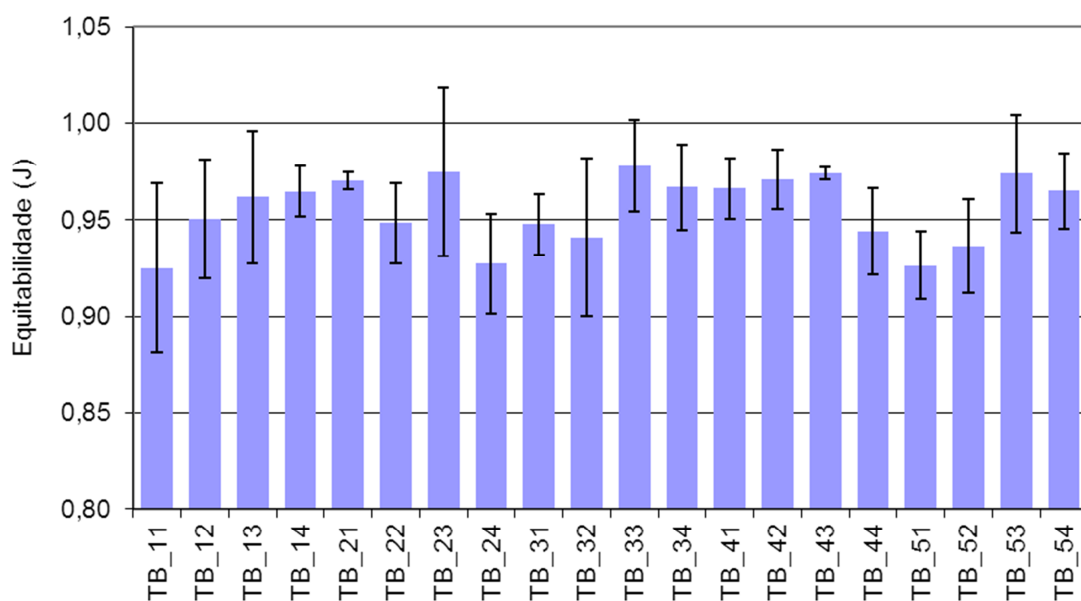


Figura VII.8.4.8-3 - Equitabilidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).
Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

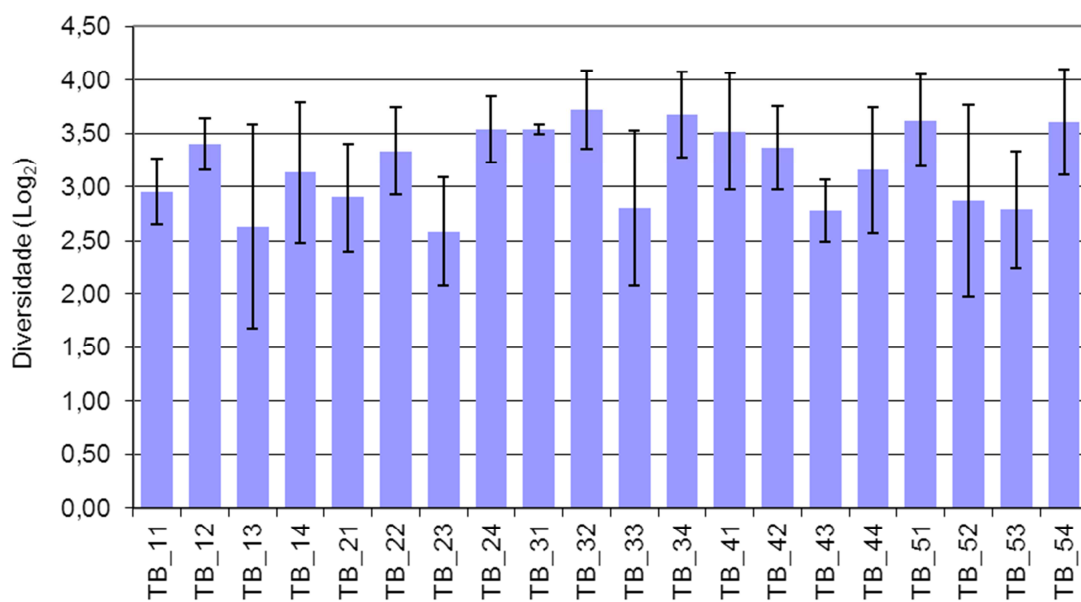


Figura VII.8.4.8-4 - Diversidade média (ind.m^{-2}) e barra de desvio padrão (\pm).
Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

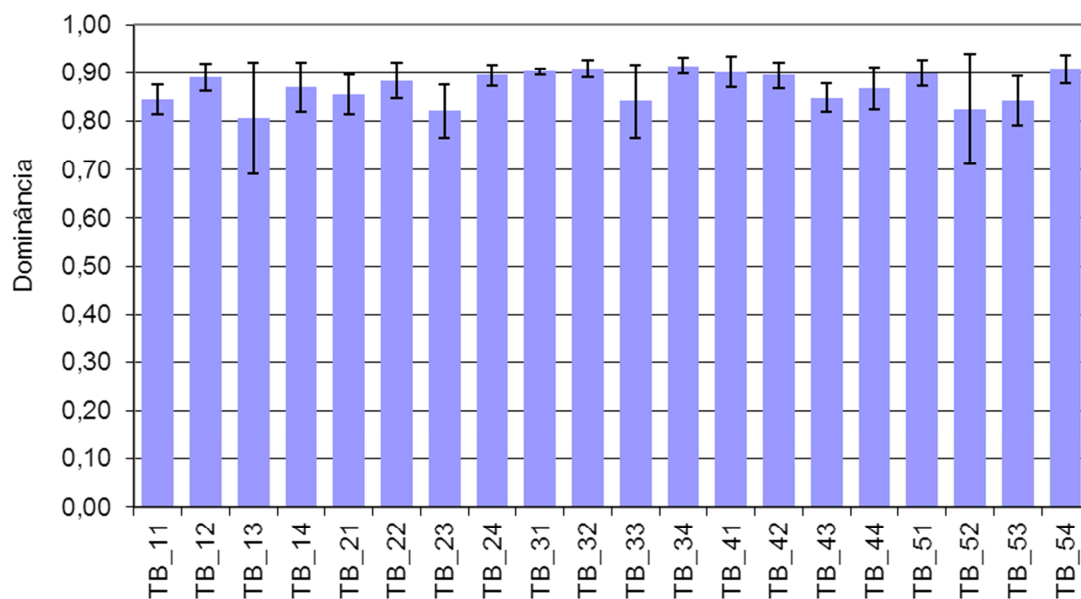


Figura VII.8.4.8-5 - Dominância média (ind.m²) e barra de desvio padrão (±).
Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

A comparação dos índices com a área de Referência Sul mostra que não existem diferenças entre as duas áreas (figura VII.8.4.8-6). Observa-se maior variabilidade na diversidade e na dominância em Tubarão. Em geral os valores médios dos índices foram mais baixos em RS-BS.

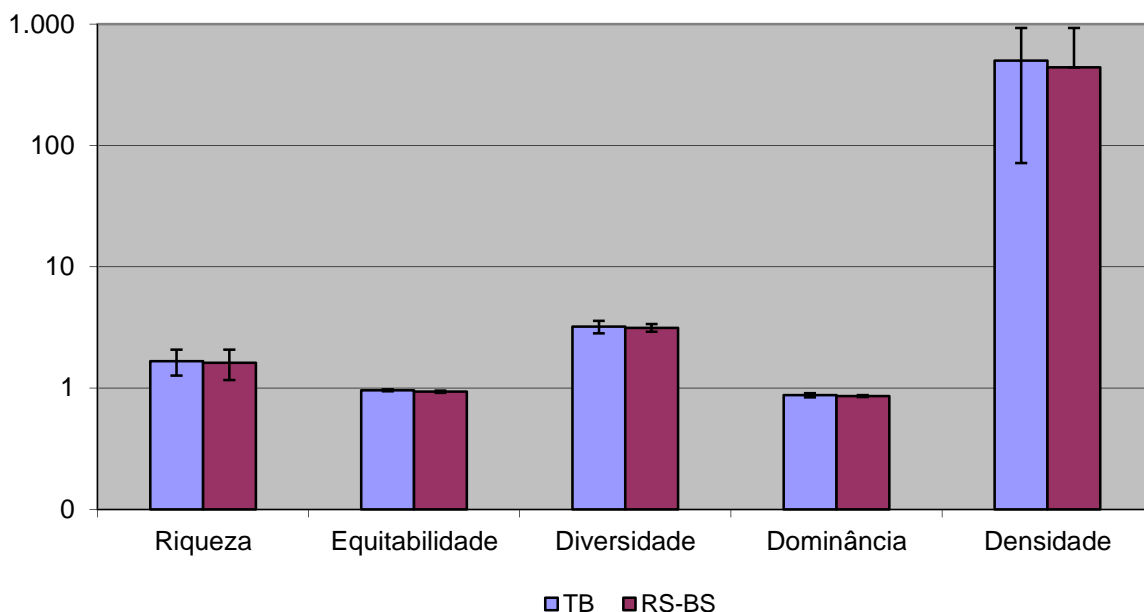


Figura VII.8.4.8-6 - Valores médios de riqueza (d), equitabilidade (J), diversidade ($H' = \log_2$), Dominância ($1-\text{Lambda}$), densidade (ind.m^{-2}) e respectivas barras de desvio padrão (\pm). Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm.

O dendrograma de similaridade quantitativa mostra um grupo de estações que apresenta oito estações com similaridade inferior a 50% em relação ao grupo principal (figura VII.8.4.8-7). Esses grupamentos não sugerem qualquer relação com a distribuição das estações no campo.

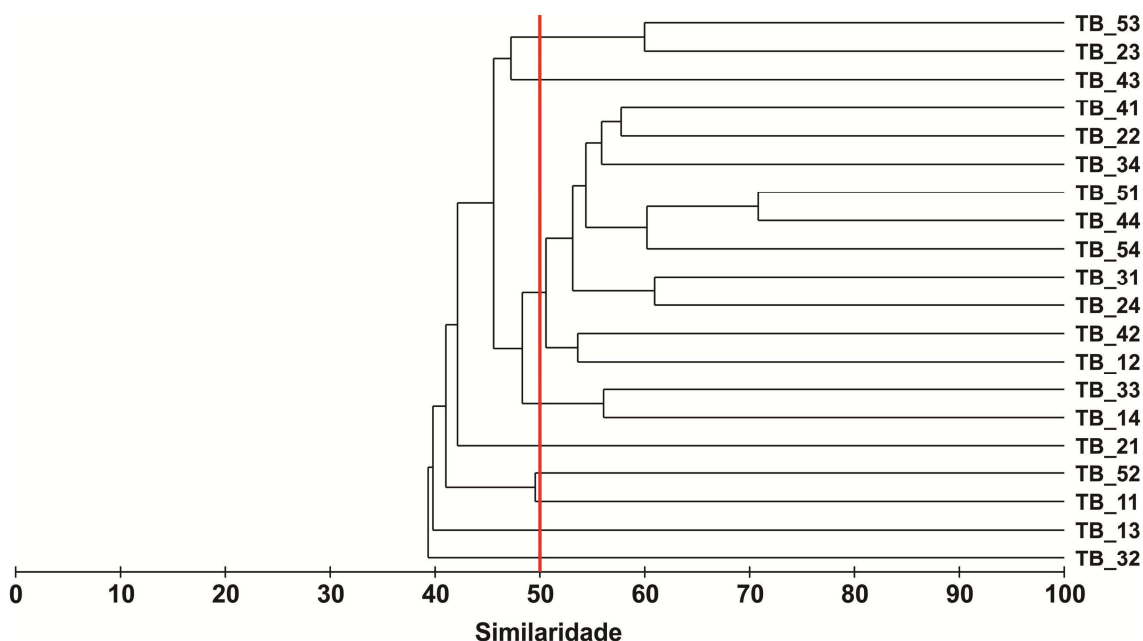


Figura VII.8.4.8-7 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estações. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

O dendrograma resultante da matriz de similaridade quantitativa elaborada com os dados de Tubarão e RS-BS evidencia as semelhanças entre as duas áreas, embora as similaridades não sejam altas (figura VII.8.4.8-8).

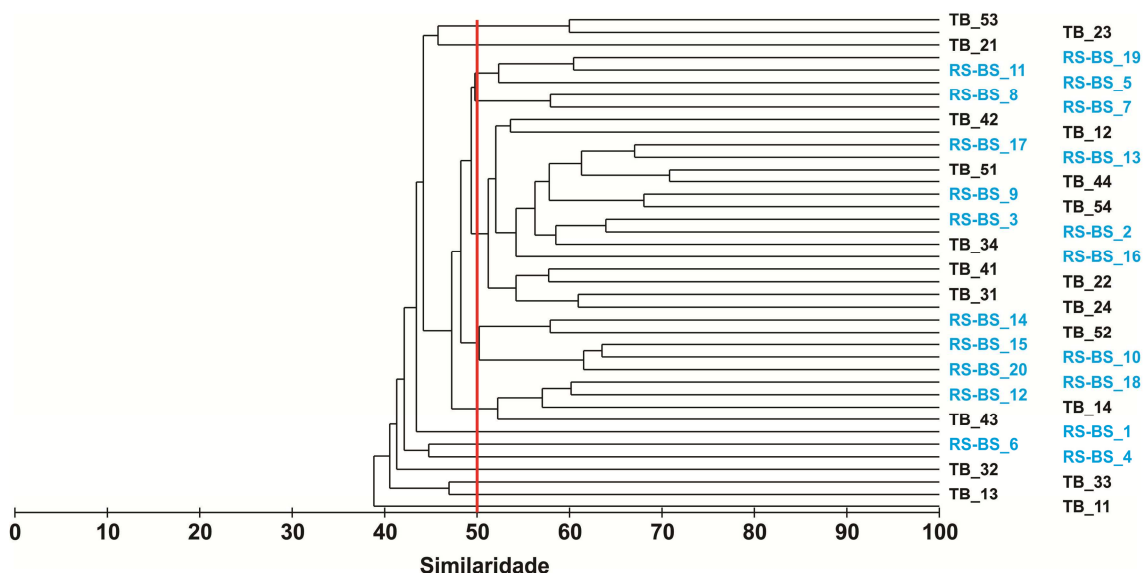


Figura VII.8.4.8-8 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

A comparação de Tubarão e RS-BS pela análise de similaridade (ANOSIM) indicou que as duas áreas apresentam diferenças significativas ($R = 0,225$ e $NS = 0,1\%$). A avaliação das similaridades/dissimilaridades quantitativas percentuais (SIMPER) entre as duas áreas encontra-se apresentada na tabela VII.8.4.8-2.

Tabela VII.8.4.8-2 - Resultado da avaliação da similaridade percentual (SIMPER) entre grupos de amostras de Tubarão e RS-BS - estrato de 5 - 10 cm.

| Grupos | Dissimilaridade (média) | Similaridade (média) |
|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Tubarão – RS-BS | 54,83% | - |
| Tubarão | - | 45,72% |
| RS-BS | - | 50,37% |

O dendrograma obtido para Mollusca mostra as estações com similaridades inferiores a 50% (figura VII.8.4.8-9). As estações TB_22, TB_23, TB_24, TB_41, TB_44 e TB_53 foram excluídas da análise por não terem sido encontrados moluscos nas mesmas.

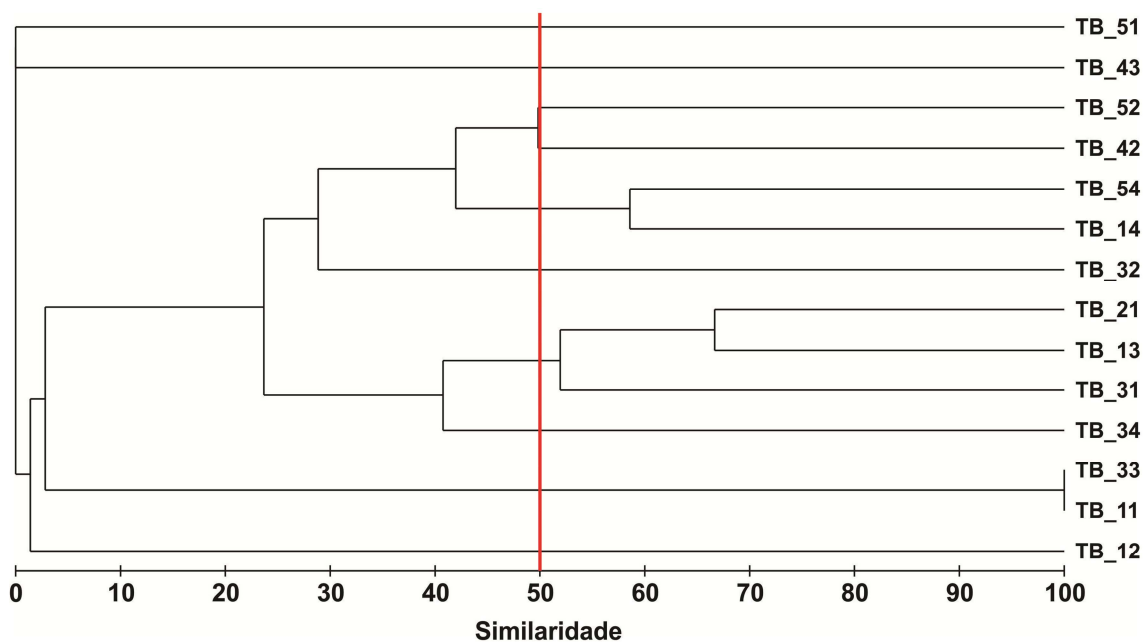


Figura VII.8.4.8-9 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Mollusca entre estações. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

O dendrograma elaborado para as comunidades de Mollusca de Tubarão e de RS-BS evidencia similaridades baixas e a mistura das duas áreas em diversos grupamentos (figura VII.8.4.8-10).

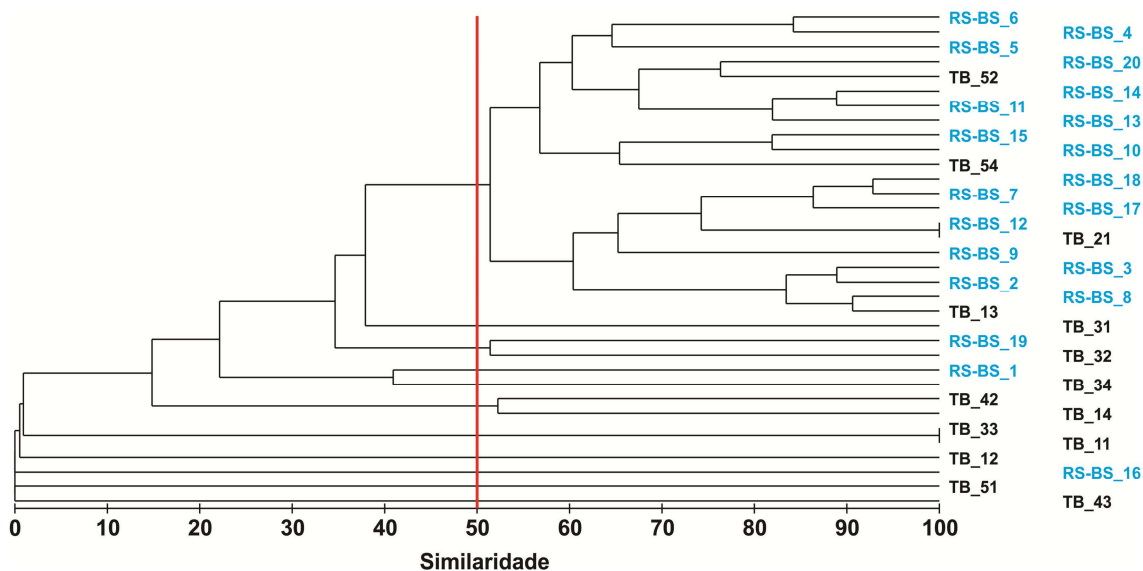


Figura VII.8.4.8-10 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Mollusca entre Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

Apenas cinco estações apresentaram similaridades abaixo de 50% no dendrograma elaborado com os dados de Polychaeta (figura VII.8.4.8-11), o que reflete as densidades mais altas deste grupo em relação aos Mollusca e Crustacea.

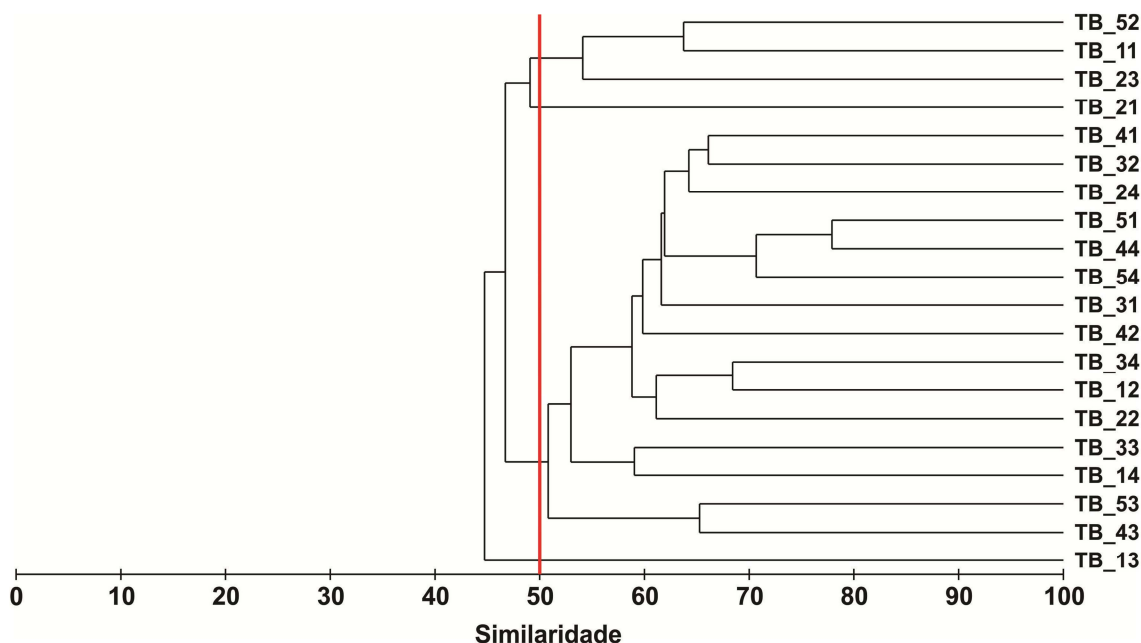


Figura VII.8.4.8-11 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Polychaeta entre estações. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média.
Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

A comparação das comunidades de Polychaeta com a área de referência (RS-BS) mostra agrupamentos compostos por estações das duas áreas, o que evidencia as semelhanças entre as mesmas (figura VII.8.4.8-12).

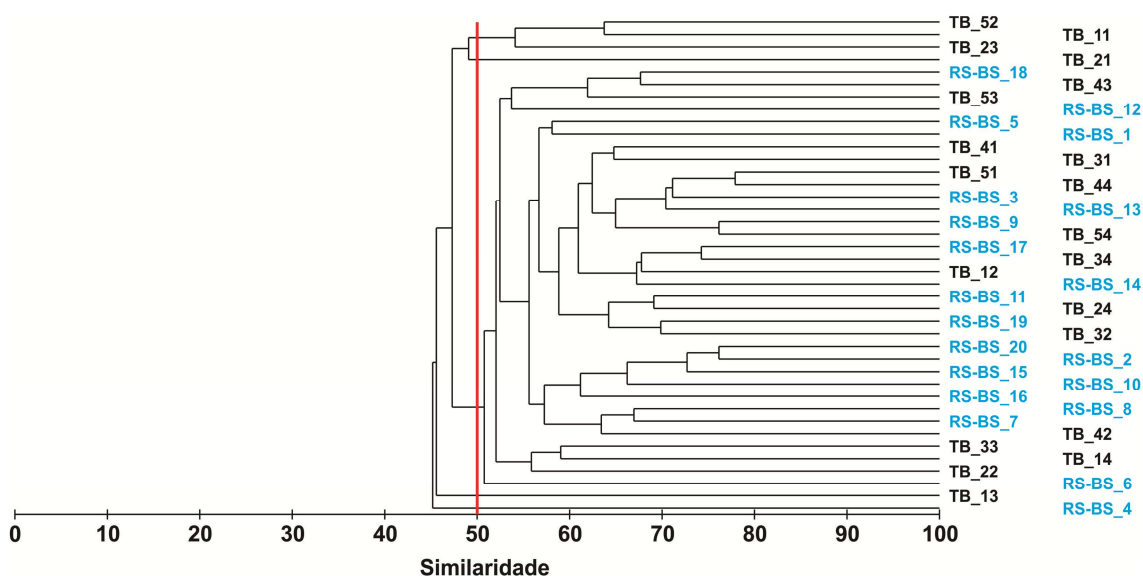


Figura VII.8.4.8-12 - Dendrograma de similaridade quantitativa para *Polychaeta* entre Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

O dendrograma obtido para Crustacea apresenta muitos agrupamentos compostos por estações que não apresentam proximidade espacial e com similaridades baixas (figura VII.8.4.8-13), fato que decorre das baixas densidades e frequências de ocorrência dos mesmos nas estações.

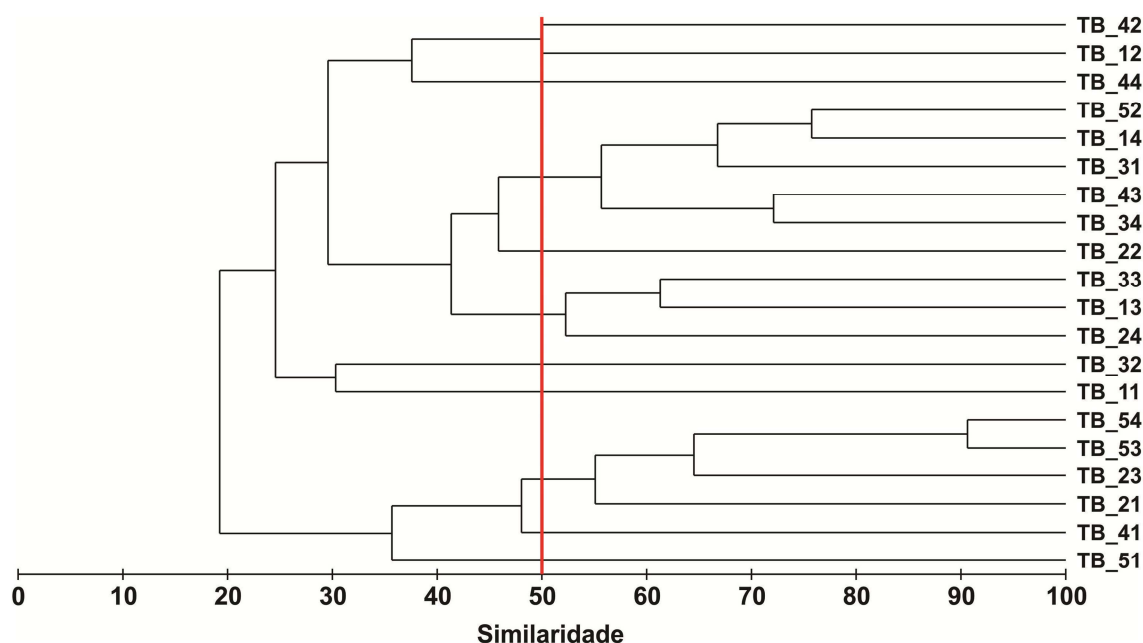


Figura VII.8.4.8-13 - Dendrograma de similaridade quantitativa de Crustacea entre estações. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média. Tubarão – estrato de 5 - 10 cm.

O dendrograma gerado a partir dos dados de Crustacea para Tubarão e RS-BS deixa claro a mistura das duas áreas e as similaridades baixas entre muitos grupamentos por estações das duas áreas (figura VII.8.4.8-14).

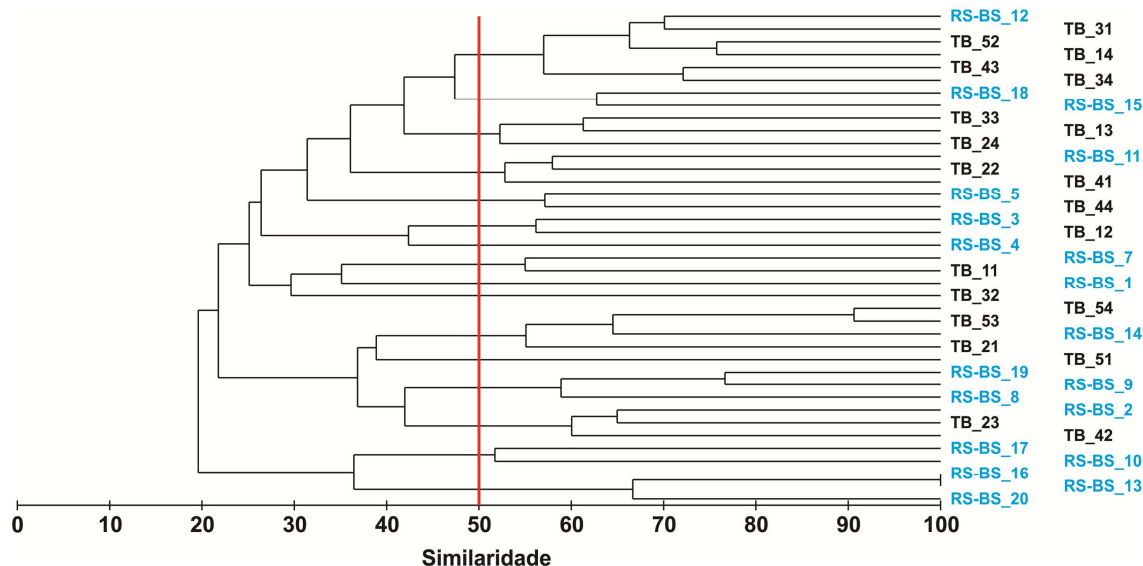


Figura VII.8.4.8-14 - Dendrograma de similaridade quantitativa para Crustacea entre Tubarão e RS-BS – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis – agrupamento pela média.

A sobreposição dos valores dos índices biológicos sobre o diagrama resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade de dados granulométricos (pesos retidos nas peneiras) se encontra na figura VII.8.4.8-15, onde se pode observar que não existe relação entre as variáveis biológicas e granulométricas neste estrato.

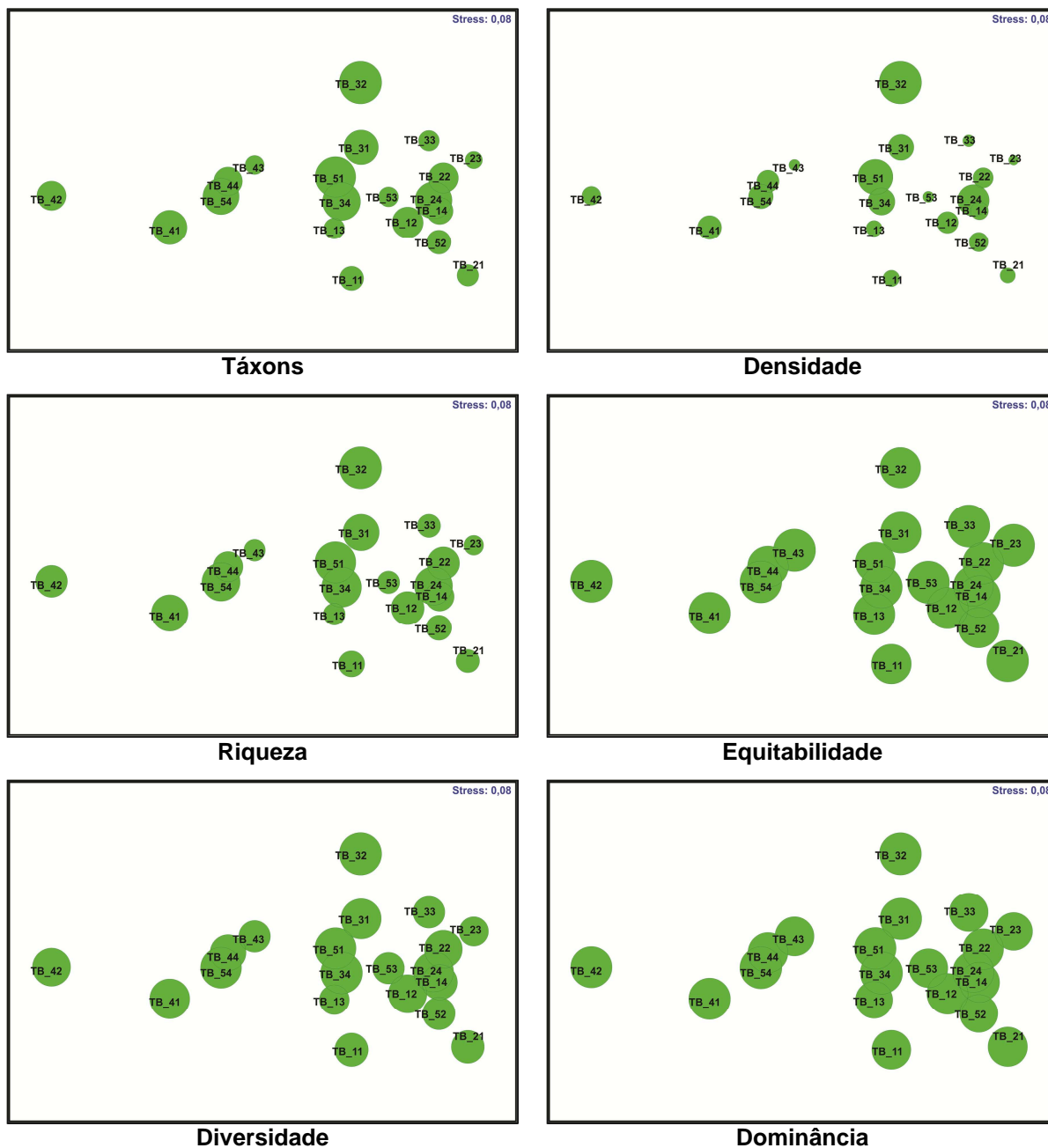


Figura VII.8.4.8-15 - Ordenação resultante da aplicação do MDS à matriz de similaridade granulométrica entre estações em Tubarão – estrato de 5 - 10 cm. Índice de Bray-Curtis. O tamanho dos círculos representa o valor relativo de cada variável.

VII.8.4.9 - Comparação entre Estratos

VII.8.4.9.1 - Composição Taxonômica

Foram identificados 155 táxons nos três estratos, desses 134 táxons (86,41%) se encontravam nos dois centímetros superficiais do sedimento, 116 (74,84%) no estrato intermediário (2 a 5 cm); e 94 (60,65%) no estrato inferior (figura VII.8.4.9.1-1).

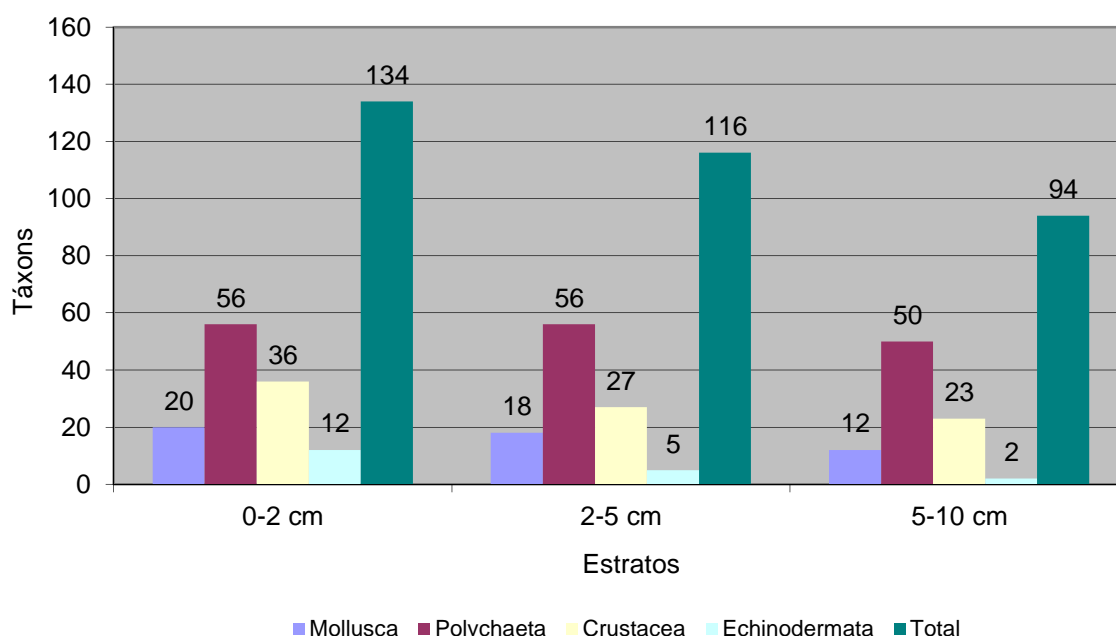


Figura VII.8.4.9.1-1 - Número de táxons nos estratos – Tubarão.

O número total de táxons foi progressivamente menor do estrato superficial para os situados mais abaixo, (figura VII.8.4.9.1-2), contudo em nove estações este comportamento não foi observado.

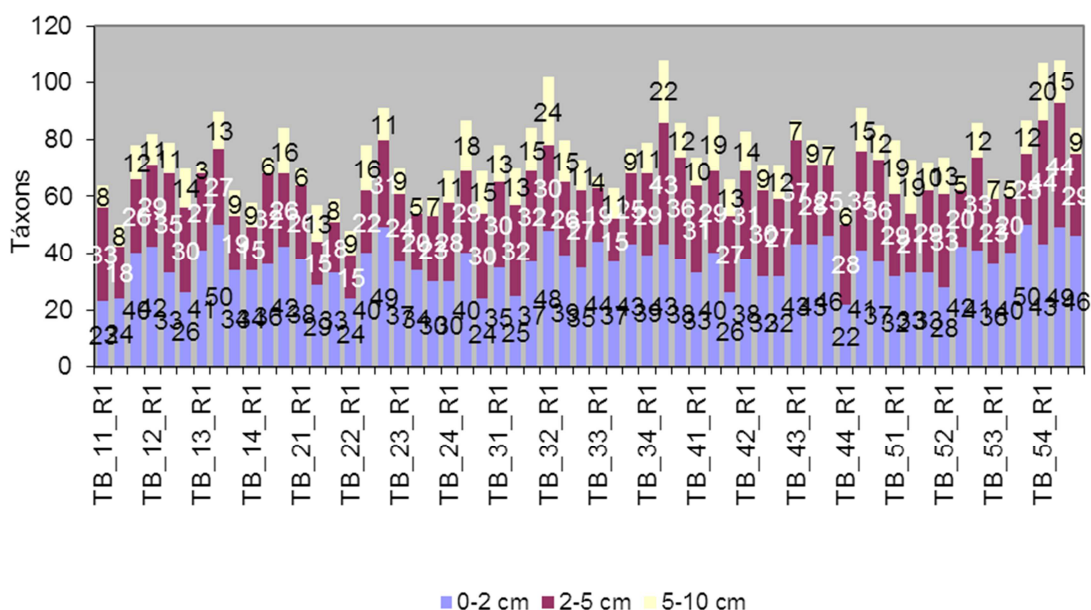


Figura VII.8.4.9.1-2 - Número total de táxons por réplica nos estratos. Tubarão.

As similaridades qualitativas entre estratos são superiores a 50%, porém em algumas estações do estrato inferior (5 - 10 cm) os valores obtidos foram inferiores a este (figura VII.8.4.9.1-3).

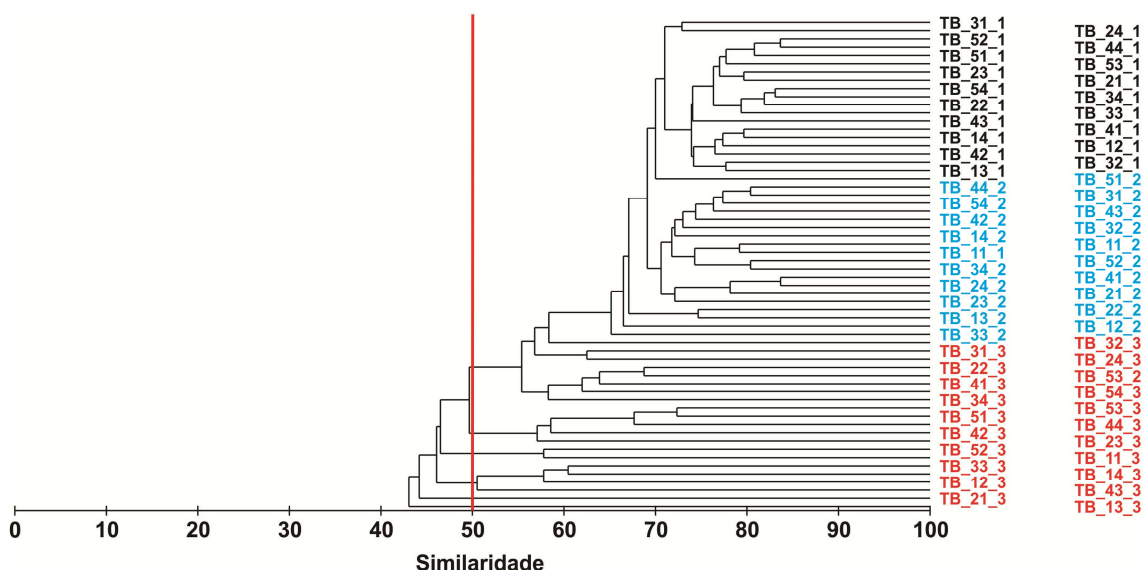


Figura VII.8.4.9.1-3 - Dendrograma de similaridade qualitativa das estações e estratos. Índice de Sorensen, grupamento pela média. Estrato de 0 - 2 cm – em preto; estrato de 2 - 5 cm – em azul; estrato de 5 - 10 cm – em vermelho. Tubarão.

A análise das similaridades entre os três estratos indica que as diferenças entre os mesmos não são significativas e que apenas entre o estrato superficial e o mais profundo a dissimilaridade é superior a 50% (tabela VII.8.4.9.1-1).

Tabela VII.8.4.9.1-1 - Resultados da análise de similaridade entre estratos. Tubarão.

| Estratos | R | NS (%) | Dissimilaridade Média (%) |
|---------------|-------|--------|---------------------------|
| 0-2 e 2-5 cm | 0,448 | 0,1 | 32,26 |
| 0-2 e 5-10 cm | 0,566 | 0,1 | 52,41 |
| 2-5 e 5-10 cm | 0,364 | 0,1 | 47,62 |

Foi observada uma maior concentração de táxons de Mollusca no estrato superficial. Nos estratos intermediários (2 - 5 cm) foram encontrados em 14 estações e no inferior em apenas cinco (figura VII.8.4.9.1-4).

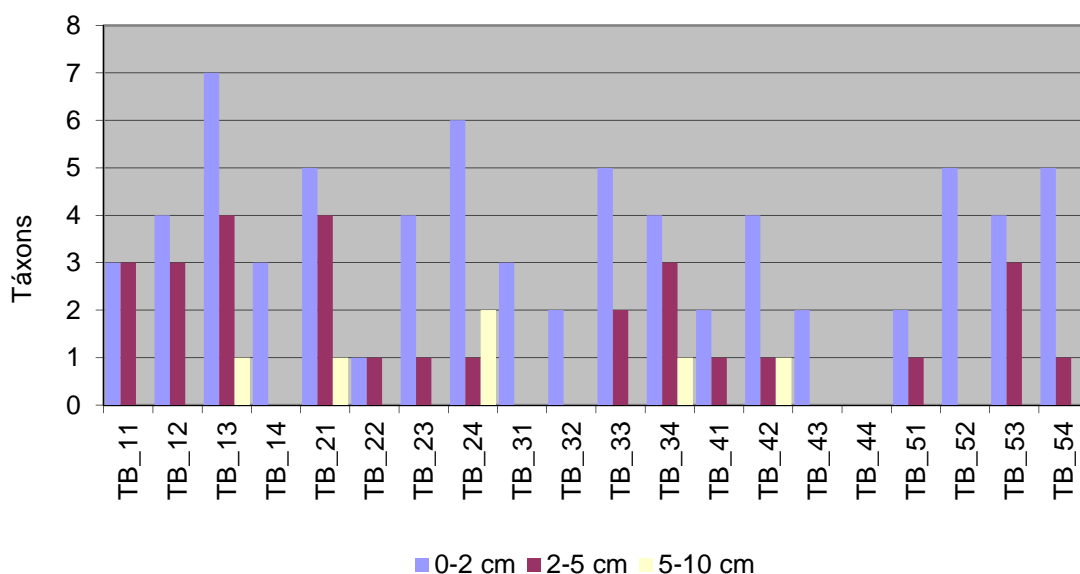


Figura VII.8.4.9.1-4 - Número de táxons de Mollusca nos estratos. Tubarão.

Os táxons de Polychaeta apresentaram uma distribuição vertical claramente estratificada, sendo que em quatro estações a riqueza de táxons foi mais alta no estrato intermediário (figura VII.8.4.9.1-5).

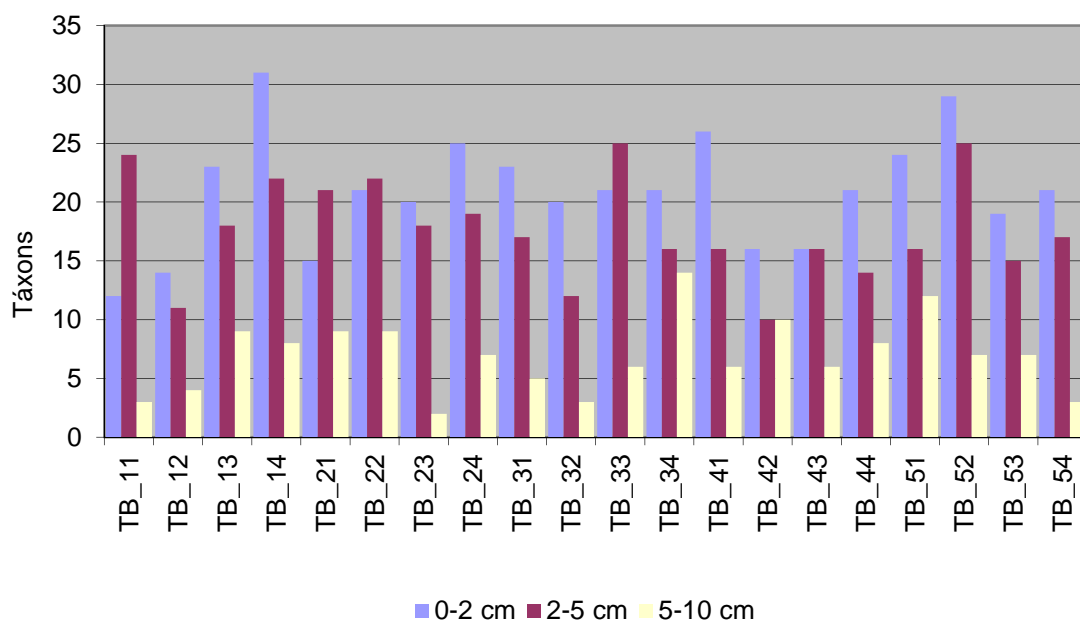


Figura VII.8.4.9.1-5 - Número de táxons de Polychaeta nos estratos. Tubarão.

Os táxons de Crustacea apresentaram uma distribuição marcadamente estratificada com maior riqueza de táxons no estrato superficial e menor no inferior (figura VII.8.4.9.1-6).

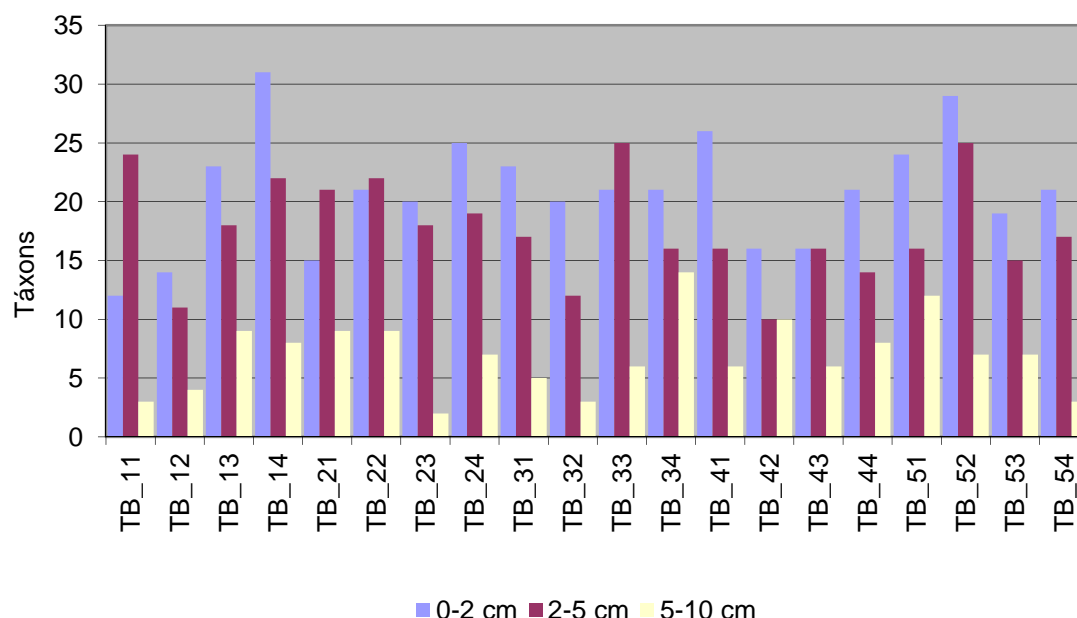


Figura VII.8.4.9.1-6 - Número de táxons de Crustacea nos estratos. Tubarão.

Os táxons de Echinodermata foram encontrados apenas nos dois estratos mais superficiais e em apenas uma estação (TB_24) o número de táxons foi maior do que as demais (figura VII.8.4.9.1-7).

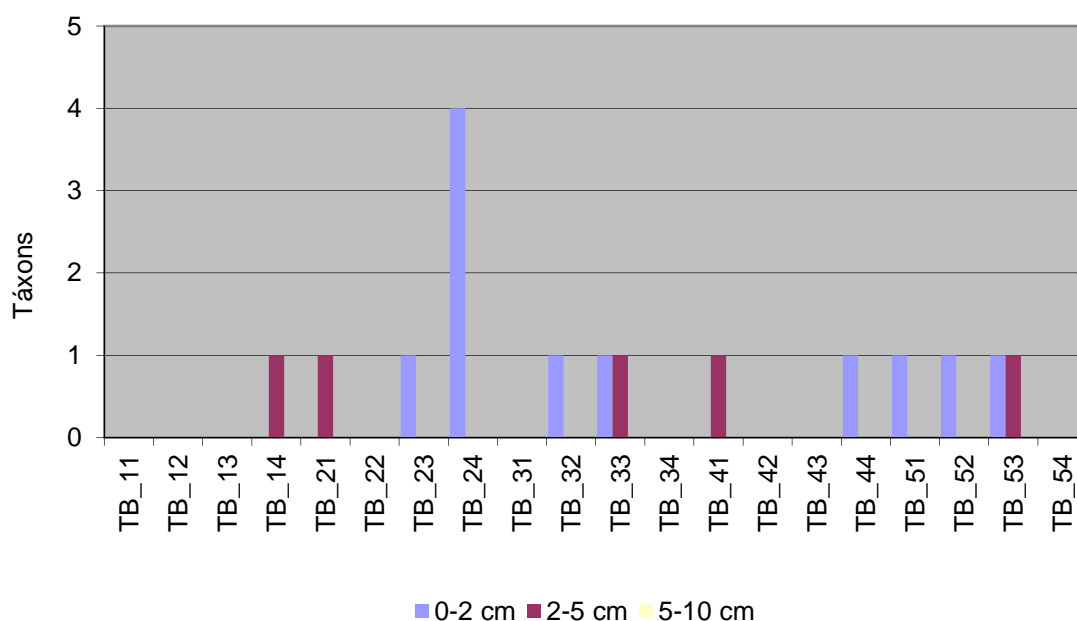


Figura VII.8.4.9.1-7 - Número de táxons de Echinodermata nos estratos. Tubarão.

A avaliação da distribuição vertical mostrou que 39 táxons foram encontrados com maior frequência, ou só ocorreram, nos estratos inferiores, sendo que 23 são Polychaeta, nove pertencem ao subfilo Crustacea, cinco são do filo Mollusca, um Chaetognata e um Nemertinea (tabela VII.8.4.9.1-2).

Tabela VII.8.4.9.1-2 - Frequência de ocorrência dos táxons por estratos. Frequência máxima 60. Tubarão.

| Táxons | Estratos | | |
|--------------------------|----------|----------|-----------|
| | 0 - 2 cm | 2 - 5 cm | 5 - 10 cm |
| Filo Nemertinea | 19 | 30 | 19 |
| <i>Moelleriopsis</i> sp. | 0 | 0 | 1 |
| Pyramidellidae sp. | 0 | 1 | 0 |
| <i>Limatula</i> sp. | 1 | 3 | 0 |
| <i>Warrana besnardi</i> | 0 | 1 | 0 |
| <i>Abra</i> sp. | 0 | 1 | 0 |
| <i>Linopherus</i> sp. | 48 | 49 | 18 |
| Família Capitellidae | 43 | 53 | 25 |
| Família Cirratulidae | 56 | 58 | 40 |
| <i>Tharyx</i> sp. | 31 | 34 | 17 |
| <i>Pherusa</i> sp. | 0 | 0 | 1 |

Continua

Continuação

| Táxons | Estratos | | |
|---------------------------|----------|----------|-----------|
| | 0 - 2 cm | 2 - 5 cm | 5 - 10 cm |
| Família Goniadidae | 0 | 0 | 1 |
| <i>Glycinde</i> sp. | 0 | 1 | 0 |
| <i>Goniada</i> sp. | 45 | 55 | 30 |
| Família Lumbrineridae | 9 | 15 | 8 |
| <i>Magelona</i> sp. | 4 | 5 | 1 |
| Subfamília Maldaninae | 2 | 3 | 0 |
| <i>Laonereis</i> sp. | 0 | 1 | 0 |
| Família Orbiniidae | 5 | 23 | 9 |
| <i>Paralacydonia</i> sp. | 0 | 1 | 1 |
| <i>Aricidea</i> sp. | 40 | 43 | 12 |
| Família Pillargidae | 1 | 9 | 14 |
| <i>Sigambra</i> sp. | 40 | 50 | 29 |
| Família Phyllodoceidae | 13 | 16 | 1 |
| <i>Phyllodoce</i> sp. | 0 | 1 | 1 |
| <i>Spiophanes</i> sp. | 0 | 1 | 0 |
| <i>Polydora</i> sp. | 0 | 2 | 0 |
| <i>Thelepus</i> sp. | 2 | 3 | 0 |
| <i>Polycirrus</i> sp. | 0 | 1 | 1 |
| <i>Penilia avirostris</i> | 0 | 0 | 1 |
| <i>Alpheus</i> sp. | 0 | 1 | 0 |
| Infraordem Thalassinidea | 0 | 10 | 16 |
| Família Axiidae | 0 | 2 | 3 |
| Família Xanthidae | 0 | 2 | 1 |
| Família Apseudidae | 4 | 7 | 0 |
| Família Cirolanidae | 1 | 2 | 0 |
| <i>Cymadusa filosa</i> | 0 | 0 | 1 |
| Família Aoridae | 0 | 2 | 0 |
| Filo Chaetognata | 0 | 1 | 0 |

Considerando os táxons relacionados na tabela VII.8.4.9.1-2 foi verificado que 10 só ocorreram no estrato intermediário, cinco no mais profundo e 13 foram encontrados nos três estratos, cinco nos dois estratos superficiais e seis nos dois inferiores.

VII.8.4.9.2 - Densidade e Índices Biológicos

Foi quantificada a média de 3.905 ind.m⁻² para a área total amostrada de 2,40 m². O estrato superficial contribuiu com 2.087 ind.m⁻², o intermediário com 1.390 ind.m⁻² e o inferior com 428 ind.m⁻² (tabela VII.8.4.9.2-1).

Tabela VII.8.4.9.2-1 - Densidades médias e respectivos desvios padrão nos estratos e no total. Tubarão.

| Grupo/Estrato | Densidade média (ind.m ⁻²) | | | | Desvio padrão | | | |
|---------------|--|----------|-----------|-------|---------------|----------|-----------|-------|
| | 0 - 2 cm | 2 - 5 cm | 5 - 10 cm | Total | 0 - 2 cm | 2 - 5 cm | 5 - 10 cm | Total |
| Mollusca | 160 | 47 | 25 | 233 | 64 | 28 | 47 | 88 |
| Polychaeta | 1.368 | 1.166 | 325 | 2.859 | 272 | 341 | 134 | 608 |
| Crustacea | 485 | 139 | 63 | 687 | 137 | 52 | 68 | 159 |
| Echinodermata | 28 | 6 | 1,7 | 35 | 29 | 6 | 3 | 29 |
| Outros | 45 | 33 | 14 | 92 | 26 | 21 | 9 | 35 |
| Total | 2.087 | 1.390 | 428 | 3.905 | 318 | 96 | 110 | 687 |

No estrato superficial estavam concentrados 53,43% dos organismos encontrados, contra 35,60% no intermediário e 10,97% no inferior.

A figura VII.8.4.9.2-1 ilustra o padrão de distribuição dos quatro principais grupos e do total de organismos pelos estratos, podendo-se observar o característico decréscimo do número de indivíduos do estrato superficial (0 - 2 cm) para o profundo (5 - 10 cm).

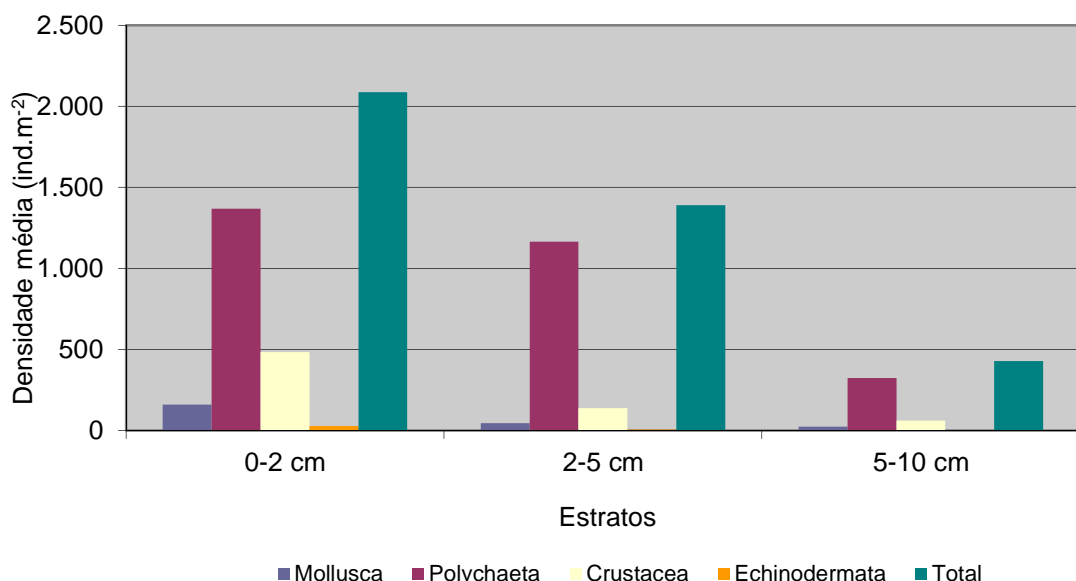


Figura VII.8.4.9.2-1 - Densidade média (ind.m⁻²) nos estratos e no total. Tubarão.

A análise detalhada permitiu identificar que 45 táxons apresentaram maior concentração de indivíduos concentrados nos estratos intermediário e/ou inferior (tabela VII.8.4.9.2-2).

Tabela VII.8.4.9.2-2 - Número total de organismos por estratos. Tubarão.

| Filo | Táxons | 0 - 2 cm | 2 - 5 cm | 5 - 10 cm |
|-----------------------|-------------------------|----------|----------|-----------|
| Nemertinea | Nemertinea | 200 | 358 | 183 |
| Mollusca | Caudofoveata sp.2 | 75 | 100 | 8 |
| | Pyramidellidae sp. | 0 | 8 | 0 |
| | <i>Limatula</i> sp. | 8 | 25 | 0 |
| | <i>Warrana besnardi</i> | 0 | 8 | 0 |
| | <i>Abra</i> sp. | 0 | 8 | 0 |
| Annelida - Polychaeta | <i>Linopherus</i> sp. | 950 | 1092 | 317 |
| | Família Capitellidae | 450 | 592 | 258 |
| | Família Cirratulidae | 1475 | 1883 | 775 |
| | <i>Tharyx</i> sp. | 450 | 550 | 292 |
| | <i>Pherusa</i> sp. | 0 | 0 | 8 |
| | <i>Glycera</i> sp. | 408 | 458 | 42 |
| | Família Goniadidae | 0 | 0 | 17 |
| | <i>Glycinde</i> sp. | 0 | 8 | 0 |
| | <i>Goniada</i> sp. | 675 | 1000 | 375 |
| | | | | |

Continua

Continuação

| Filo | Táxons | 0 - 2 cm | 2 - 5 cm | 5 - 10 cm |
|------------------------|---------------------------|----------|----------|-----------|
| Annelida - Polychaeta | Família Lumbrineridae | 75 | 133 | 75 |
| | <i>Lumbrineris</i> sp. | 192 | 217 | 67 |
| | <i>Paraoninoe</i> sp. | 75 | 92 | 0 |
| | Família Lysaretidae | 67 | 92 | 33 |
| | <i>Magelona</i> sp. | 33 | 42 | 8 |
| | <i>Laeonereis</i> sp. | 0 | 17 | 0 |
| | Família Orbiniidae | 50 | 233 | 75 |
| | <i>Paralacydonia</i> sp. | 0 | 8 | 8 |
| | <i>Aricidea</i> sp. | 625 | 750 | 125 |
| | Família Pillargidae | 8 | 92 | 167 |
| | <i>Sigambra</i> sp. | 892 | 1000 | 567 |
| | Família Phyllodoceidae | 117 | 142 | 8 |
| | <i>Phyllodoce</i> sp. | 0 | 8 | 8 |
| | <i>Prionospio</i> sp. | 392 | 458 | 92 |
| | <i>Spiophanes</i> sp. | 0 | 8 | 0 |
| | <i>Polydora</i> sp. | 0 | 17 | 0 |
| | Família Syllidae | 25 | 33 | 25 |
| | <i>Syllis</i> sp. | 683 | 733 | 300 |
| | <i>Thelepus</i> sp. | 17 | 25 | 0 |
| | <i>Polycirrus</i> sp. | 0 | 8 | 8 |
| Annelida - Oligochaeta | Classe Oligochaeta | 17 | 25 | 0 |
| Arthropoda - Crustacea | <i>Penilia avirostris</i> | 0 | 0 | 8 |
| | <i>Alpheus</i> sp. | 0 | 8 | 0 |
| | Infraordem Thalassinidea | 0 | 92 | 167 |
| | Família Axiidae | 0 | 25 | 25 |
| | Família Xanthidae | 0 | 17 | 8 |
| | Família Apseudidae | 33 | 75 | 0 |
| | <i>Cymadusa filosa</i> | 0 | 0 | 8 |
| | Família Aoridae | 0 | 42 | 0 |
| Chaetognata | Chaetognata | 0 | 25 | 0 |

Comparados aos Crustacea, os organismos da classe Polychaeta foram mais abundantes em todos os estratos (figura VII.8.4.9.2-2).

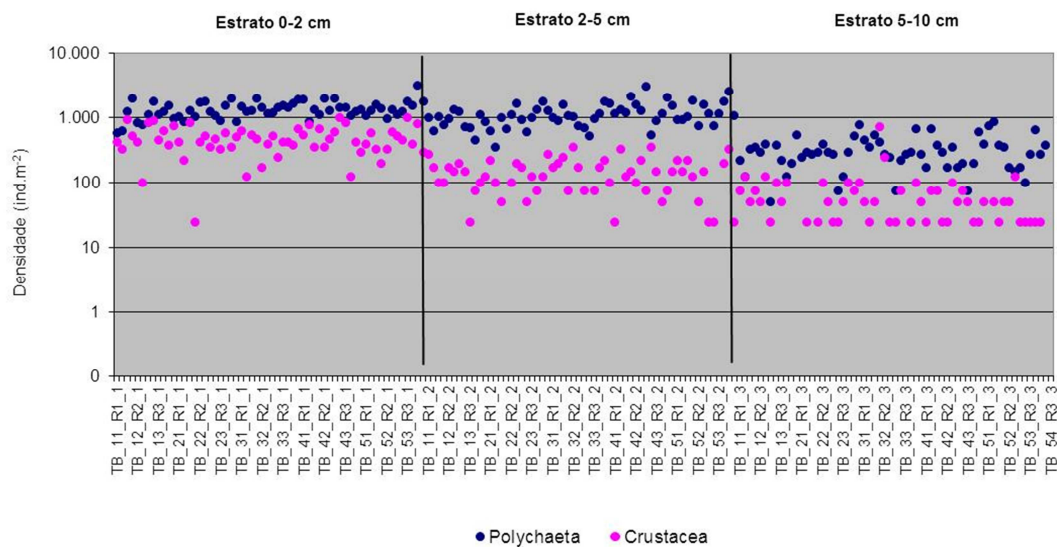


Figura VII.8.4.9.2-2 - Densidade total (ind.m⁻²) de Polychaeta e Crustacea nos estratos – escala em log. Tubarão.

Assim como na análise qualitativa, as similaridades entre estratos, na maioria das estações, são superiores a 50%. Apenas os estratos inferiores (5 - 10 cm) apresentaram valor inferior a este percentual (figura VII.8.4.9.2-3).

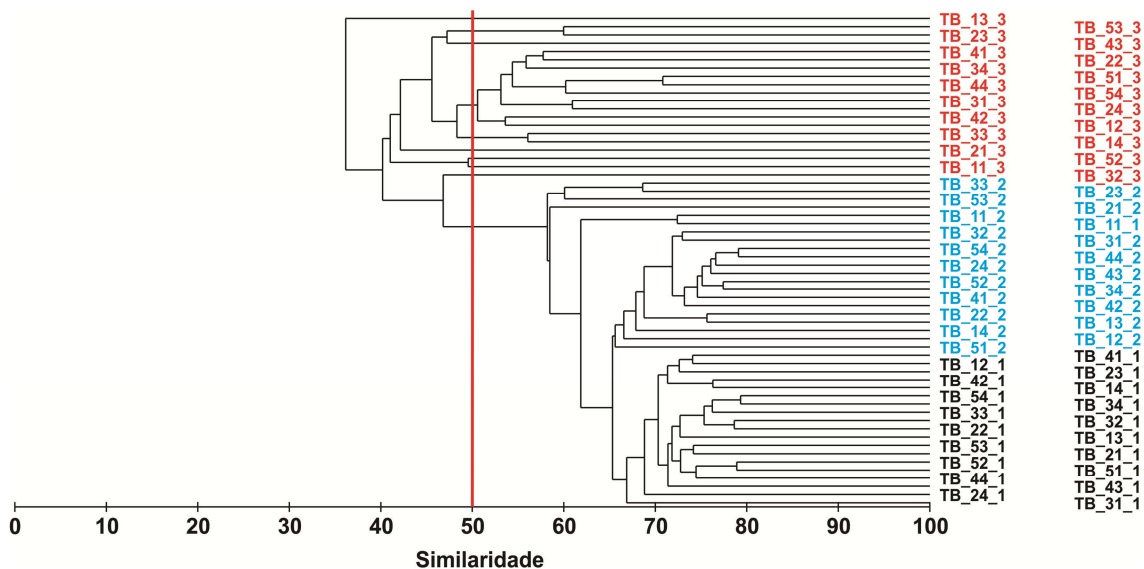


Figura VII.8.4.9.2-3 - Dendrograma de similaridade quantitativa entre estratos. Índice de Bray-Curtis, grupamento pela média. Tubarão.

A análise das similaridades e do percentual de dissimilaridade dos grupos identificados no dendrograma não mostra diferenças significativas entre o estratos (tabela VII.8.4.9.2-3).

Tabela VII.8.4.9.2-3 - Resultados da análise das similaridades e percentuais de dissimilaridade entre estratos. Tubarão.

| Estratos | R | NS (%) | Dissimilaridade Média (%) |
|---------------|-------|--------|---------------------------|
| 0-2 e 2-5 cm | 0,525 | 0,1 | 37,22 |
| 0-2 e 5-10 cm | 0,799 | 0,1 | 63,45 |
| 2-5 e 5-10 cm | 0,554 | 0,1 | 56,04 |

O dendrograma de similaridade entre estratos gerado a partir dos dados de Mollusca mostra a mistura dos estratos profundos e a separação do estrato superficial (figura VII.8.4.9.2-4). Pode-se perceber que os estratos mais profundos apresentam maior fragmentação e similaridades mais baixas. Deve-se lembrar que em seis estações do estrato mais profundo não foram encontrados organismos desse filo.

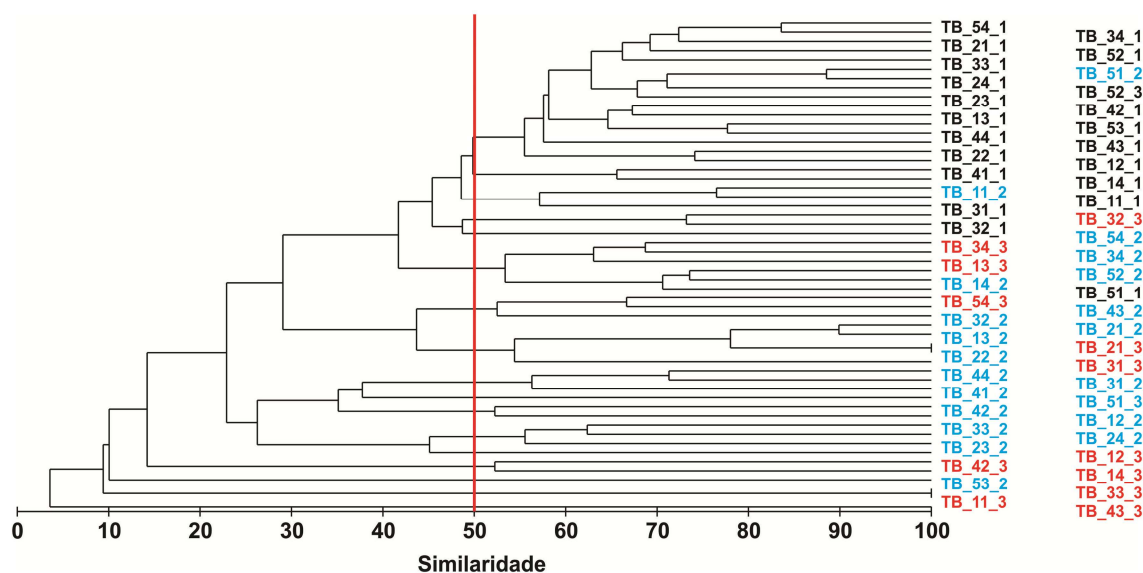


Figura VII.8.4.9.2-4 - Dendrograma representativo da similaridade quantitativa de Mollusca pelos estratos. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média. Tubarão.

O resultado da análise de similaridade feita entre estratos para Polychaeta mostram similaridades superiores a 50% entre os três estratos. Apenas um grupo de estações do estrato inferior apresentou similaridades abaixo desse valor (figura VII.8.4.9.2-5).

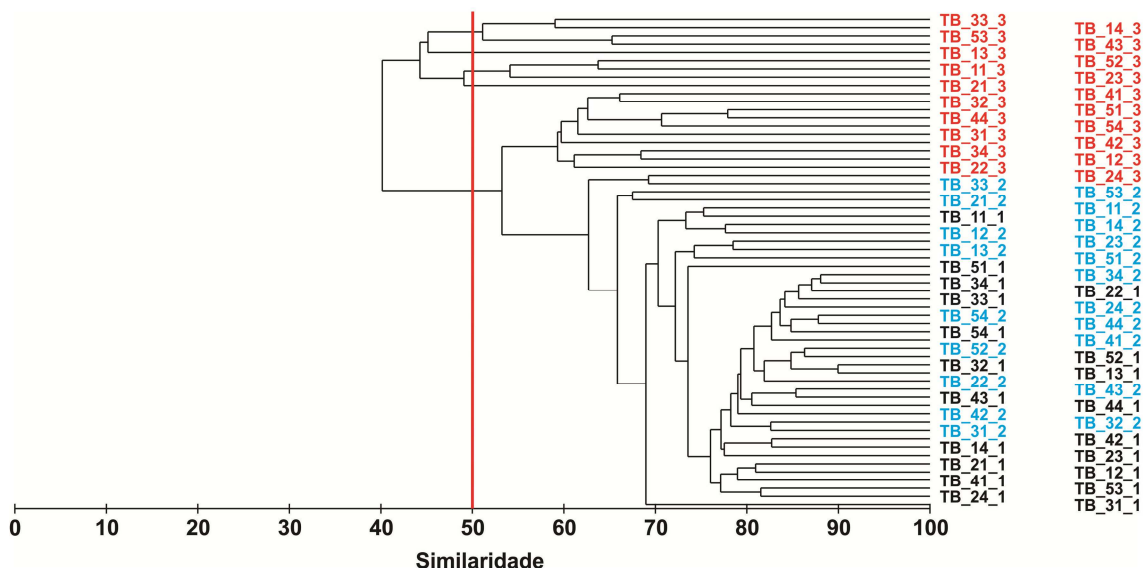


Figura VII.8.4.9.2-5 - Dendrograma representativo da similaridade quantitativa de Polychaeta pelos estratos. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média. Tubarão.

O dendrograma obtido para Crustacea mostra a separação dos estratos mais profundos em grupamentos distintos e com similaridades progressivamente mais baixas e algumas misturas entre os dois estratos inferiores (figura VII.8.4.9.2-6).

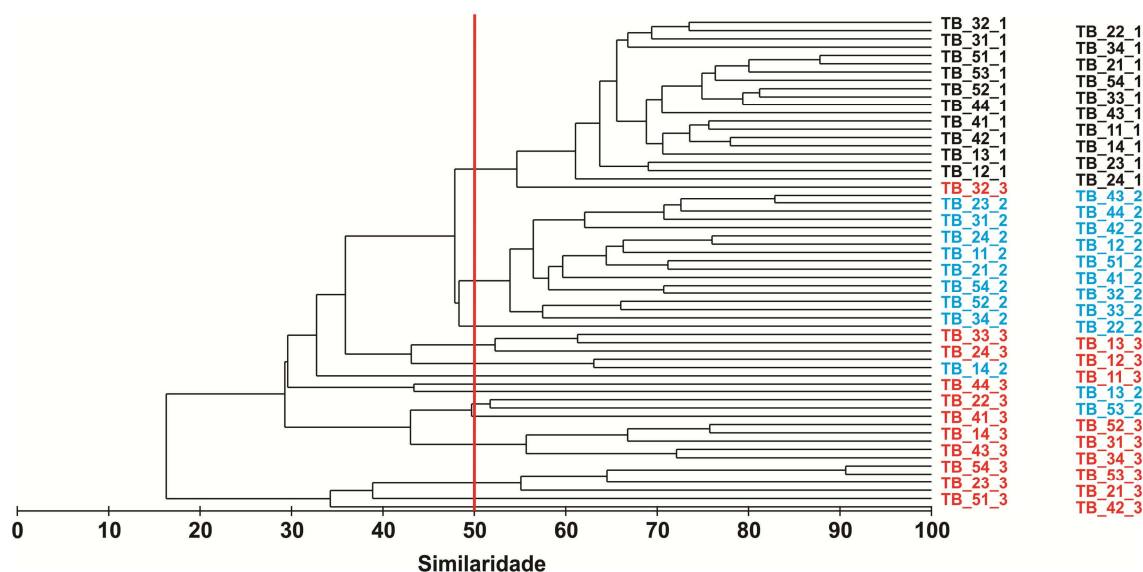


Figura VII.8.4.9.2-6 - Dendrograma representativo da similaridade quantitativa de Crustacea pelos estratos. Índice de Bray-Curtis, agrupamento pela média. Tubarão.

Os resultados dos índices biológicos encontram-se ilustrados nas figuras VII.8.4.9.2-7 a VII.8.4.9.2-11. Em geral os valores mais baixos foram registrados no estrato inferior (5 - 10 cm), com exceção feita à equitabilidade que apresentou comportamento inverso com valores mais altos neste estrato.

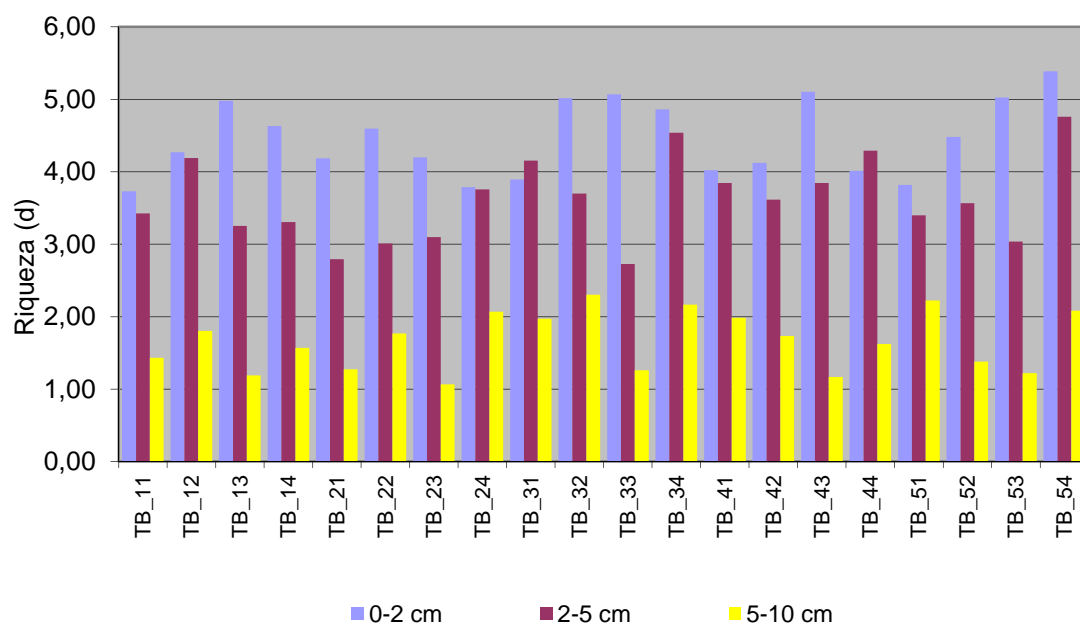


Figura VII.8.4.9.2-7 - Valores de riqueza (d) nos estratos. Tubarão.

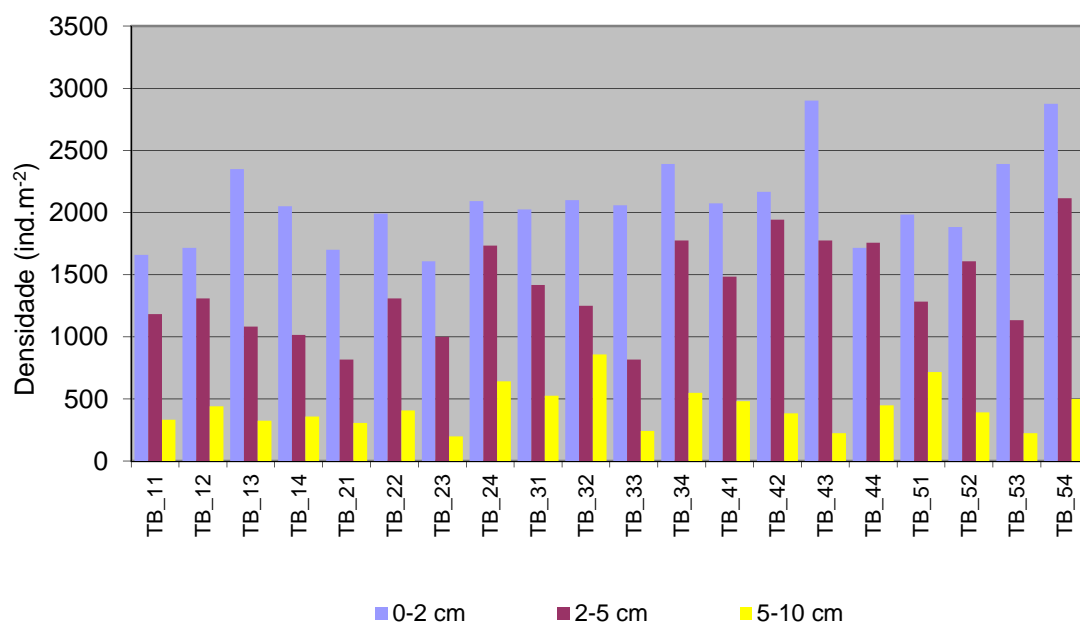


Figura VII.8.4.9.2-8 - Valores de densidade (d) nos estratos. Tubarão.

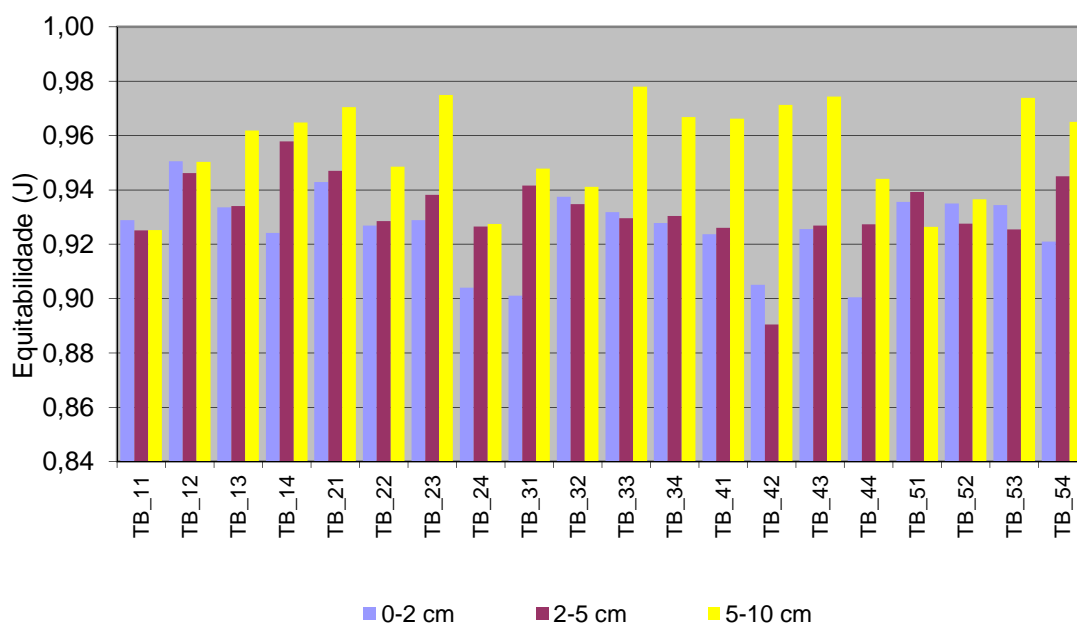


Figura VII.8.4.9.2-9 - Valores de equitabilidade (J') nos estratos. Tubarão.

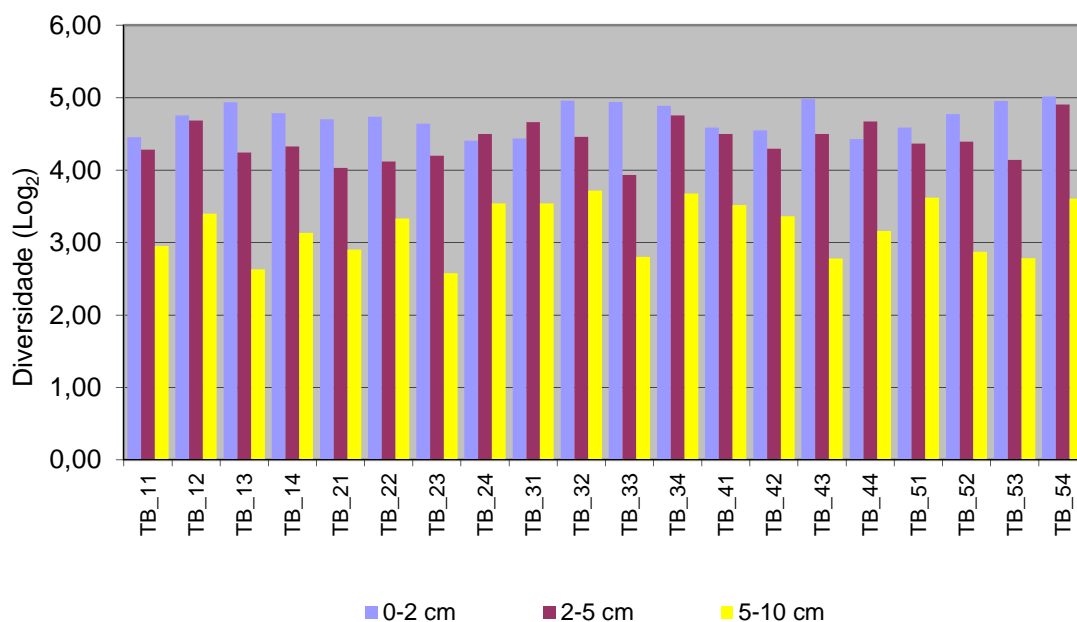


Figura VII.8.4.9.2-10 - Valores de Diversidade ($H'Log_2$) nos estratos. Tubarão.

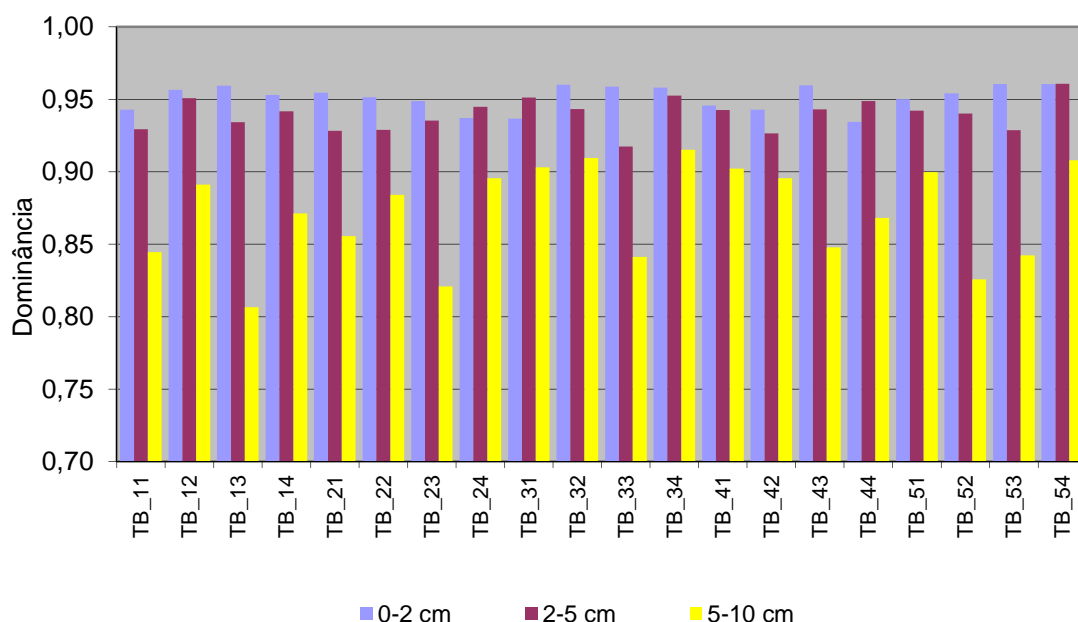


Figura VII.8.4.9.2-11 - Valores de Dominância ($1-\lambda'$) nos estratos. Tubarão.

VII.8.5 - Integração dos dados bióticos e abióticos e comparação entre Tubarão e RS-BS

As variáveis selecionadas para as análises multivariadas com seus respectivos códigos de identificação estão apresentadas na tabela VII.8.5-1.

Tabela VII.8.5-1 - Variáveis abióticas e bióticas introduzidas nas análises multivariadas, com seus respectivos códigos nos gráficos.

| Variáveis | Códigos | Variáveis | Códigos |
|----------------------------|---------|--------------------|---------|
| Granulométricas (*) | - | Metais (**) | - |
| Cascalho | CASC | Alumínio | Al |
| Areia | AREIA | Bário | Ba |
| Silte | SILTE | Cadmio | Cd |
| Argila | ARG | Chumbo | Pb |
| Químicas | | Cobre | Cu |
| Carbono orgânico total | COT | Cromo | Cr |
| Matéria orgânica total | MO | Ferro | Fe |
| Fósforo total | P | Manganês | Mn |

Continua

Continuação

| Variáveis | Códigos | Variáveis | Códigos |
|-------------------------|----------|---------------------------|----------|
| Nitrogênio total | N | Mercurio | Hg |
| Carbonato | CARB (*) | Níquel | Ni |
| Biológicas | - | Vanádio | V |
| Densidade total | DENS | Zinco | Zn |
| Riqueza | RIQ | - | - |
| Equitabilidade | EQUI | Contaminantes (**) | - |
| Diversidade | DIV | n-alcanos C5a | nalc1 |
| Dominância | DOM | C20+pristano+fistano | |
| Grupos de Bentos | - | n-alcanos C21 a C40 | nalc2 |
| Anthozoa | Anth | HPAs | HPA(***) |
| Nemertinea | Neme | HTP | HTP |
| Mollusca | Moll | MCNR | MCNR |
| Polychaeta | Poly | - | - |
| Sipuncula | Sipu | - | - |
| Crustacea | Crus | - | - |
| Echinodermata | Echi | - | - |
| - | - | - | - |

(*) somente em 0-10 cm – dados repetidos nos demais estratos.

(**) somente entre 0-2 cm.

(***) não introduzidos nas análises multivariadas por apresentar somente teores nulos em ambas as áreas.

VII.8.5.1 - Dados Físico-Químicos e Índices Bentônicos

Os planos fatoriais I e II resultantes da ACP (figura VII.8.5.1-1) explica 69,3% da variância dos dados sendo 58,2% e 11,1%, respectivamente para os eixos I e II.

Todas as variáveis participam significativamente da variação da primeira componente (coordenadas superiores ao valor limite de 0,408) e apresentam correlação negativa com esta, com exceção da equitabilidade (EQUI) com coordenada positiva (figura VII.8.5.1-1). O grupo Polychaeta (Poly) é responsável pelos elevados valores de densidade (DENS), riqueza (RIQ) e diversidade (DIV), seguido dos Crustacea (Crus), Mollusca (Moll), Sipuncula (Sipu) e Echinodermata (Echi).

A profundidade do estrato constitui o fator principal da variabilidade estrutural dos bentos. As amostras do estrato de 0 - 2 cm, com maior densidade, riqueza e

diversidade de todos os grupos bentônicos, se agrupam do lado negativo do eixo I, enquanto que as amostras do estrato de 5 - 10 cm encontram-se do lado positivo e as amostras do estrato de 2 - 5 cm na parte central (figura VII.8.5.1-2).

A superposição dos pontos das amostras das duas áreas indica que este mesmo padrão é observado para RS-BS e Tubarão (VII.8.5.1-3).

Do ponto de vista das características químicas e granulométricas, somente o nitrogênio total mostra um aumento no estrato de 0 - 2 cm. Os demais parâmetros apresentaram coordenadas centrais no eixo.

O eixo II tem baixa explicação da variância total (11,1%), comparativamente ao eixo I. Ele é provocado pela dominância e Nemertinea no estrato de 2 - 5 cm estação de RS-BS_9.

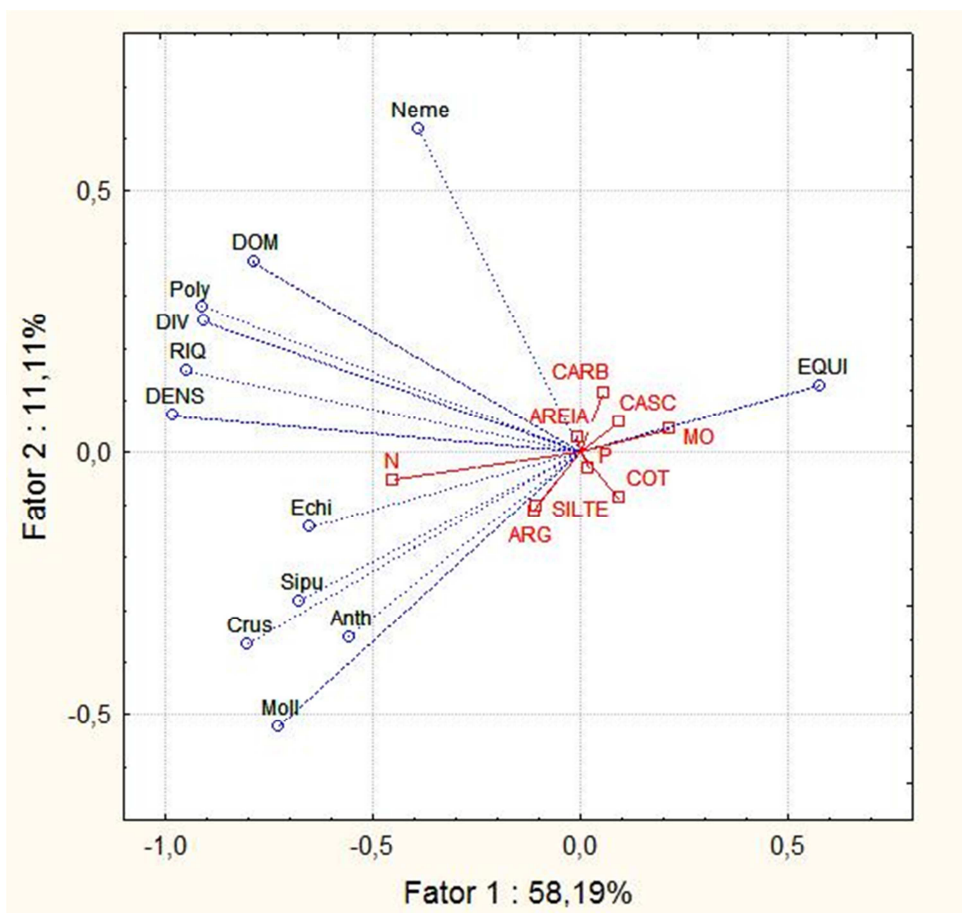


Figura VII.8.5.1-1 - ACP – comparação das variáveis físico-químicas e bentos globais entre RS-BS

e Tubarão nos estratos de 0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm. Projeção das variáveis no plano I-II.

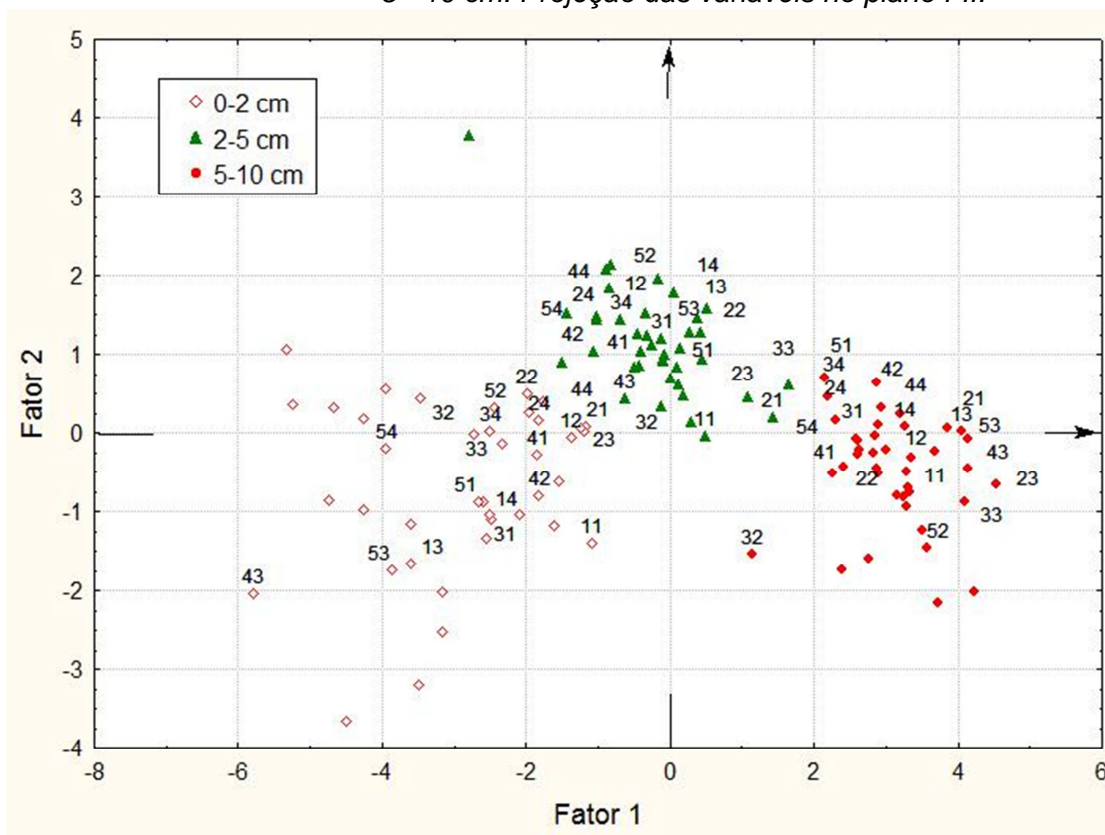


Figura VII.8.5.1-2- ACP – comparação das variáveis físico-químicas e bentos globais entre RC-BS e Tubarão nos estratos de 0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm. Projeção das amostras no plano I-II – Representação dos estratos. Os números correspondem às estações de coleta na área do poço de Tubarão (TB).

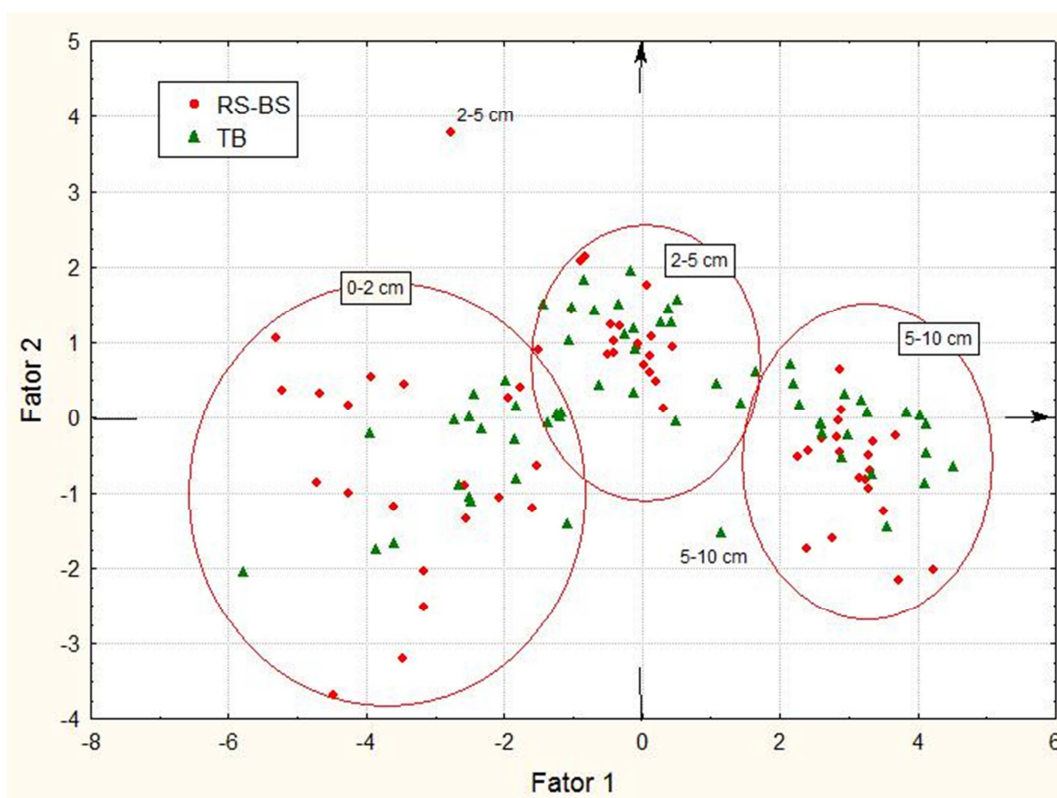


Figura VII.8.5.1-3 - ACP – comparação das variáveis físico-químicas e bentos globais entre RS-BS e Tubarão nos estratos de 0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm. Projeção das amostras no plano I-II – Representação das áreas RS-BS e Tubarão.

VII.8.5.2 - Teores de Contaminantes no estrato de 0 - 2 cm e Índices Biológicos

Os resultados da aplicação da ACP aos dados de metais, contaminantes (variáveis suplementares explicativas) e variáveis bentônicas globais (variáveis ativas) para as áreas de RS-BS e Tubarão no estrato de 0 - 2 cm encontram-se ilustradas nas figuras VII.8.5.2-1 e VII.8.5.2-2.

Nessa análise, aplicada unicamente ao estrato superficial, os dois eixos tem contribuição equivalente à variância total de, respectivamente, 32,1 e 26,5% para os eixos I e II.

O primeiro eixo separa as variáveis densidade, riqueza, dominância e diversidade (projeção negativa no eixo I) das demais, independentemente da área (figura VII.8.5.2-1).

O segundo eixo discrimina melhor as características de RS-BS e Tubarão. Os valores mais altos de equitabilidade (EQUI), dominância (DOM), diversidade (DIV) e do grupo dos Crustacea ocorrem em Tubarão. Essas variáveis tem coordenadas positivas sobre esse segundo eixo, junto com as estações de Tubarão (figura VII.8.5.2-2).

Os grupos Polychaeta e Nermertinea têm coordenadas significativas do lado negativo do eixo II, junto com as estações de RS-BS.

Do ponto de vista dos contaminantes e metais as duas áreas apresentam também uma diferenciação. Ba, Cd, Cr e HTP apresentam coordenadas positivas nesse eixo. O Ba tem maiores teores em Tubarão (máxima de $5959 \mu\text{g.kg}^{-1}$, sendo 1/3 dos teores acima de $500 \mu\text{g.kg}^{-1}$) e inferiores a $120 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em RS-BS. Diferenças são também perceptíveis para o Cd (entre 0,4 e $0,57 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para TB e entre 0,3 e $0,47 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para RS-BS) e o Cr (entre 41 e $56 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para TB e entre 38 e $46 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para RS-BS). Duas estações da área do poço Tubarão (TB_11 e TB_14) se destacam pelos seus elevados teores em HTP (respectivamente 447 e $170 \mu\text{g.kg}^{-1}$).

Os vetores metais Ni, Cu, V e Mn indicam um aumento dessas variáveis nas estações de RS-BS: Ni entre 8,0 e $13,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em Tubarão e entre 14,0 e $21,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em RS-BS, Cu entre 3,7 e $6,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em Tubarão e entre 5,8 e $9,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em RS-BS, V entre 34,0 e $47,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em Tubarão e entre 45,0 e $59,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em RS-BS, Mn entre 297 e $1080 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em Tubarão e entre 757 e $1514 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em RS-BS.

Observamos também um aumento das concentrações em n-alcanos C_{21} a C_{40} em RS-BS entre 506 e $1231 \mu\text{g.kg}^{-1}$ contra uma variação de 12 a $106 \mu\text{g.kg}^{-1}$ em Tubarão, exceto um máximo de $379 \mu\text{g.kg}^{-1}$ na estação TB_11.

Da mesma maneira, os maiores teores em n-alcanos leves ocorrem em RS-BS com valores entre 37 e $134 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Na área de Tubarão, os teores são inferiores a $50 \mu\text{g.kg}^{-1}$, exceto em duas estações com concentrações

significativamente elevadas: $300 \mu\text{g.kg}^{-1}$ na estação TB_11 e $195 \mu\text{g.kg}^{-1}$ na estação TB_14.

Verificamos, além disso, que não há relação entre essas características e a posição geográfica das estações, em distância e orientação em relação ao poço, confirmando o caráter aleatório da distribuição espacial dos parâmetros na área.

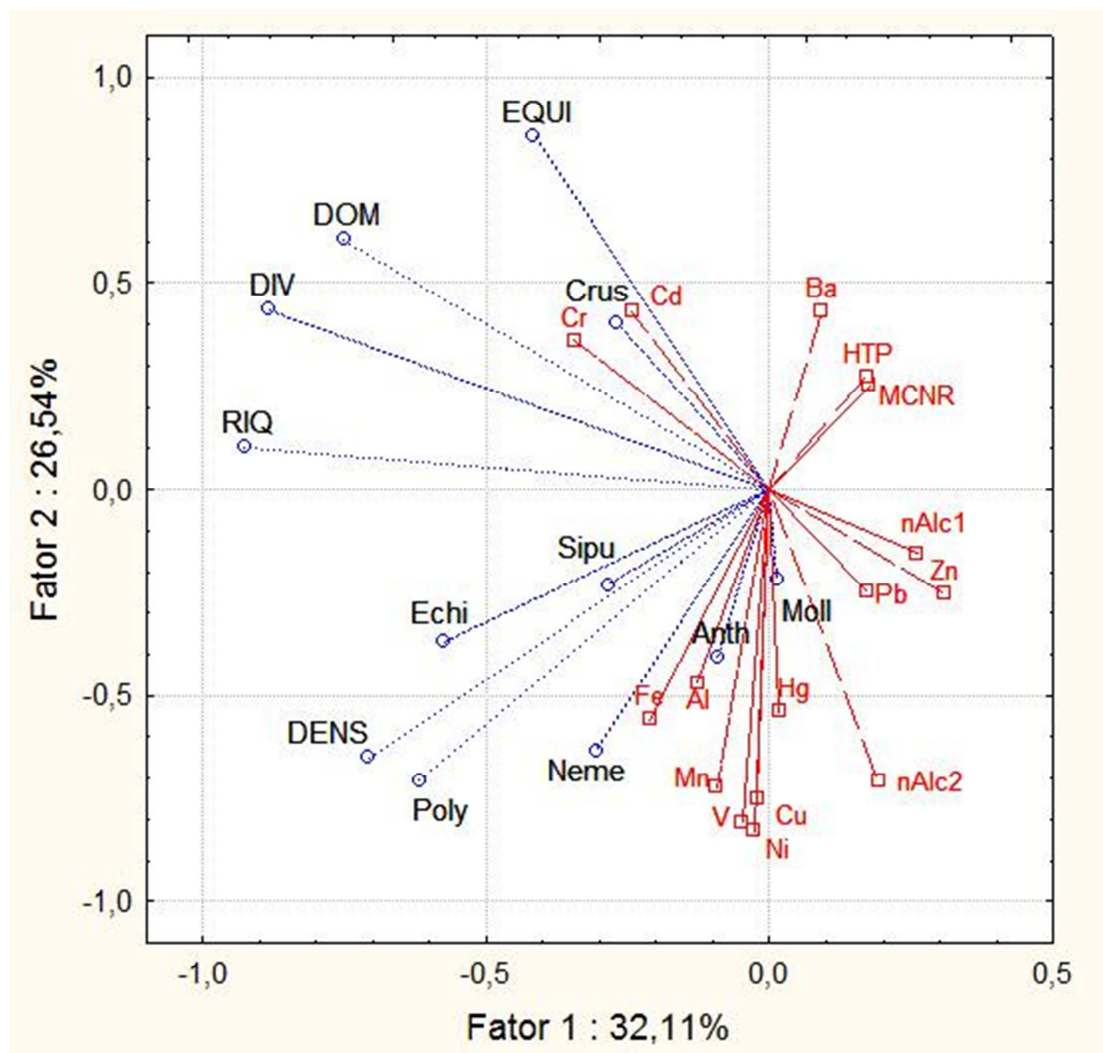


Figura VII.8.5.2-1 - ACP – comparação das variáveis contaminantes e bentos globais entre RS-BS e Tubarão no estrato de 0 - 2 cm. Projeção das variáveis no plano I-II.

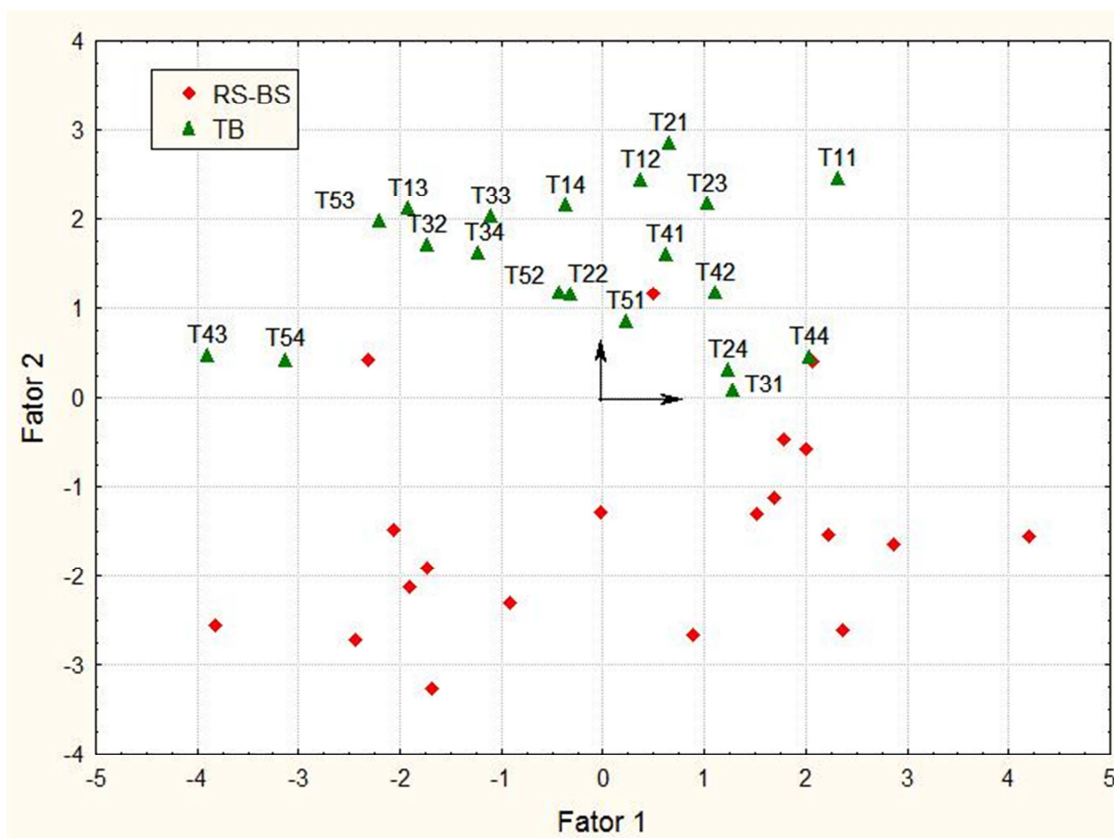


Figura VII.8.5.2-2 - ACP – comparação das variáveis contaminantes e bentos globais entre RS-BS e Tubarão. Projeção no plano I-II das amostras coletadas no estrato de 0 - 2 cm. Os números correspondem às estações da área do poço Tubarão.

VII.8.5.3 - Comunidades bentônicas

As variáveis utilizadas na análise fatorial de correspondência (AFC) e seus respectivos códigos estão relacionados na tabela VII.8.5.3-1. A fim de amenizar o ruído provocado pela ocorrência de táxons extremamente raros e de fraca densidade, foram selecionados os táxons cujos organismos apresentam frequência de ocorrência superior a 10% e densidade superior a 300 ind.m⁻². Assim, foram introduzidas na análise AFC, 65 táxons encontrados nas 60 amostras do poço Tubarão (TB) e nas 60 amostras da área de Referência Sul (RS-BS).

Tabela VII.8.5.3-1 - Lista dos 65 táxons de bentos introduzidos na análise fatorial de correspondência, com seus respectivos códigos utilizados nos gráficos.

| Códigos | Táxons | Códigos | Táxons |
|---------|----------------------------|---------|---------------------------------|
| Abra | <i>Abra lioica</i> | Mald | Família Maldanidae |
| Ampe | <i>Ampelisca</i> sp. | Munn | Família Munnidae |
| Ampha | Família Ampharetidae | Nann | Família Nannastacidae |
| Amphi | Ordem Amphipoda | Neme | Filo Nemertinea |
| Amph | <i>Amphilepis teodora</i> | Neom | <i>Neomeniomorpha</i> sp. |
| Anci | <i>Aricidea</i> sp. | Neph | <i>Nephtys</i> sp. |
| Anth | Classe Anthozoa | Nere | Família Nereididae |
| Anth | Família Anthuridae | Nucu | <i>Nuculana acuta</i> |
| Apse | Família Apseudidae | Onup | Subfamília Onuphinae |
| Bodo | Família Bodotriidae | Ophe | <i>Ophelina</i> sp. |
| Capi | Família Capitellidae | Orbi | Família Orbiniidae |
| Caud | <i>Caudofoveata</i> sp. | Ostr | Classe Ostracoda |
| Chae | Família Chaetopteridae | Para | Família Paraonidae |
| Cirr | Família Cirratulidae | Phox | Família Phoxocephalidae |
| Cuma | Ordem Cumacea | Phyl | Família Phyllodocidae |
| Cusp | <i>Cuspidaria</i> sp. | Pill | Família Pillargidae |
| Cycl | <i>Cyclopecten</i> sp. | Poec | <i>Poecilochaetus</i> sp. |
| Dorv | Família Dorvilleidae | Poly | Família Polynoidae |
| Epis | <i>Episiphon</i> sp. | Prio | <i>Prionospio</i> sp. |
| Euni | Família Eunicidae | Rhiz | <i>Rhizocrinus lofotensis</i> |
| Eunic | <i>Eunice</i> sp. | Sabe | Família Sabellidae |
| Exog | <i>Exogone</i> sp. | Scol | <i>Scoloplos (Leodamas)</i> sp. |
| Glyc | <i>Glycera</i> sp. | Siga | <i>Sigambra</i> sp. |
| Gnat | <i>Gnathia</i> sp. | Sipu | Filo Sipuncula |
| Goni | <i>Goniada</i> sp. | Spio | Família Spionidae |
| Heni | Família Hesionidae | Spiop | <i>Spiophanes</i> sp. |
| Isop | Ordem Isopoda | Syll | <i>Syllis</i> sp. |
| Kell | <i>Kelliella atlântica</i> | Tanai | Ordem Tanaidacea |
| Lino | <i>Linopherus</i> sp. | Tere | Família Terebellidae |
| Lumb | Família Lumbrineridae | Tereb | <i>Terebellides</i> sp. |
| Lumbr | <i>Lumbrineris</i> sp. | Thal | Infraordem Thalassinidea |
| Lysa | Família Lysaretidae | Thar | <i>Tharyx</i> sp. |
| Mage | <i>Magelona</i> sp. | - | - |

Baseada nas densidades dos 65 táxons, a distribuição dos pontos das amostras no plano I-II (figuras VII.8.5.3-1 e VII.8.5.3-2) apresenta uma estrutura heterogênea e complexa definida por associações de táxons exclusivos e/ou dominantes em determinadas áreas e estratos. De maneira geral verificamos uma certa semelhança na composição taxonômica nas duas áreas, sendo o estrato de 0 - 2 cm o de maior diferenciação bentônica.

Somente o estrato superficial apresenta diferença taxonômica entre Tubarão e RS-BS. Na área do poço destacam-se, como dominantes ou exclusivas as famílias Nannastacidae, Munnidae, Hesionidae e Phoxocephalidae, as espécies *Glycera* sp., *Ampelisca* sp., *Cyclopecten* sp., *Kelliella atlântica* e *Caudofoveata* sp. e a ordem Tanaidacea., enquanto que, no sedimento superficial da área de RS-BS destacam-se as espécies *Rhizocrinus lofotensis*, *Cuspidaria* sp., *Neomeniomorpha* sp., *Episiphon* sp. e *Terebellides* sp., a família Eunicidae e a ordem Isopoda.

Nos estratos de 2 - 5 cm e 5 - 10 cm há uma maior similaridade da composição taxonômica entre as áreas, com coordenadas mais centrais das espécies *Syllis* sp., *Lumbrineris* sp., *Abra lioica*, *Poecilochaetus* sp., *Ophelina* sp., *Nephtys* sp. e *Prionospio* sp. e das famílias Nereididae, Apseudidae e Ampharetidae.

O mesmo padrão é observado no estrato profundo, 5 - 10 cm, das duas áreas, as quais apresentam uma composição taxonômica similar com os seguintes táxons em projeção negativa no eixo I: as espécies *Sigambra* sp., *Tharyx* sp., *Goniada* sp. e *Linopherus* sp. e as famílias Orbiniidae, Lysaretidae e Capitellidae.

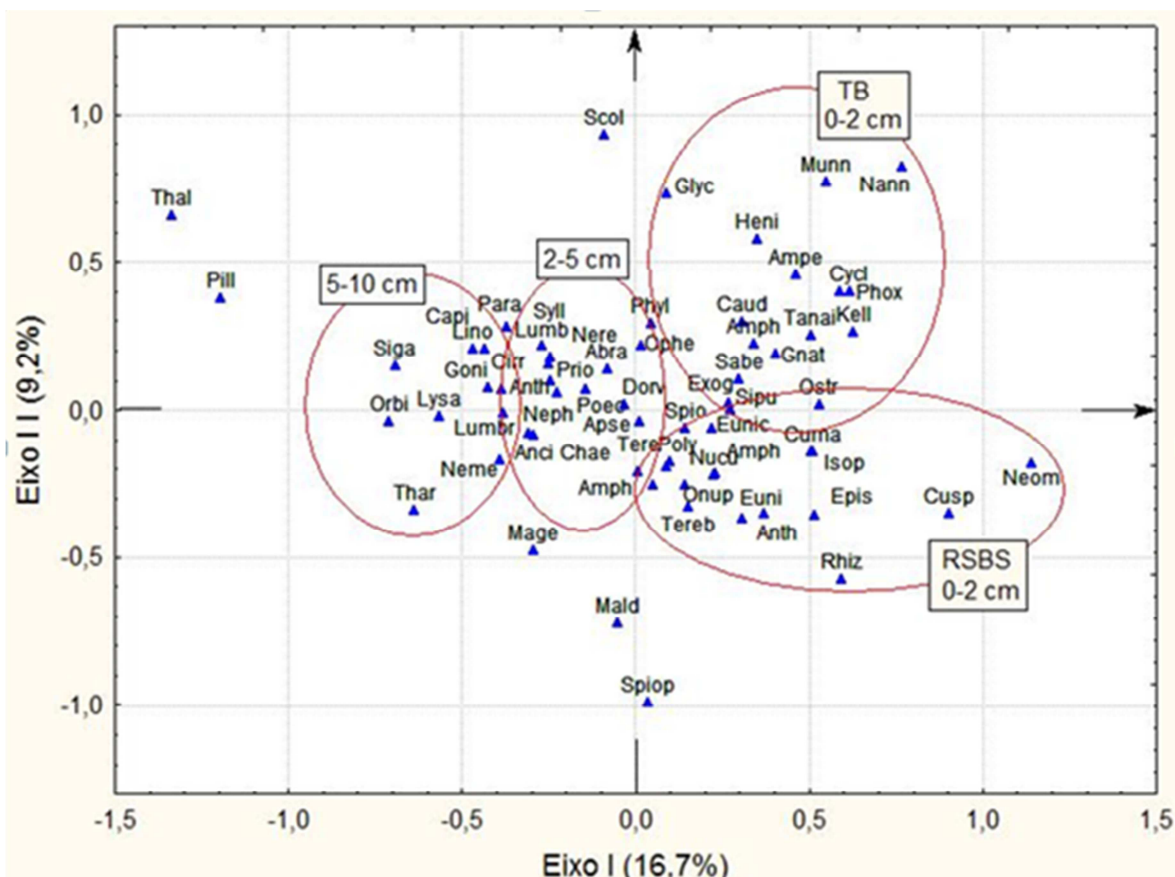


Figura VII.8.5.3-1 - AFC - Análise comparativa das comunidades bentônicas das áreas de RS-BS e Tubarão e dos estratos de 0 - 2 cm, 2 - 5 cm e 5 - 10 cm. Projeção dos táxons no plano I-II com indicação das áreas e estratos.

Alguns táxons tem posição destacada na extremidade negativa do eixo I (infraordem Thalassinidea e família Pillargidae, exclusivas do estrato profundo de Tubarão) e nas extremidades positivas e negativas do eixo II correspondendo ao estrato de 2 - 5 cm (respectivamente, *Scoloplos* sp. em Tubarão, a família Maldanidae e a espécie *Spiophanes* sp. em RS-BS).

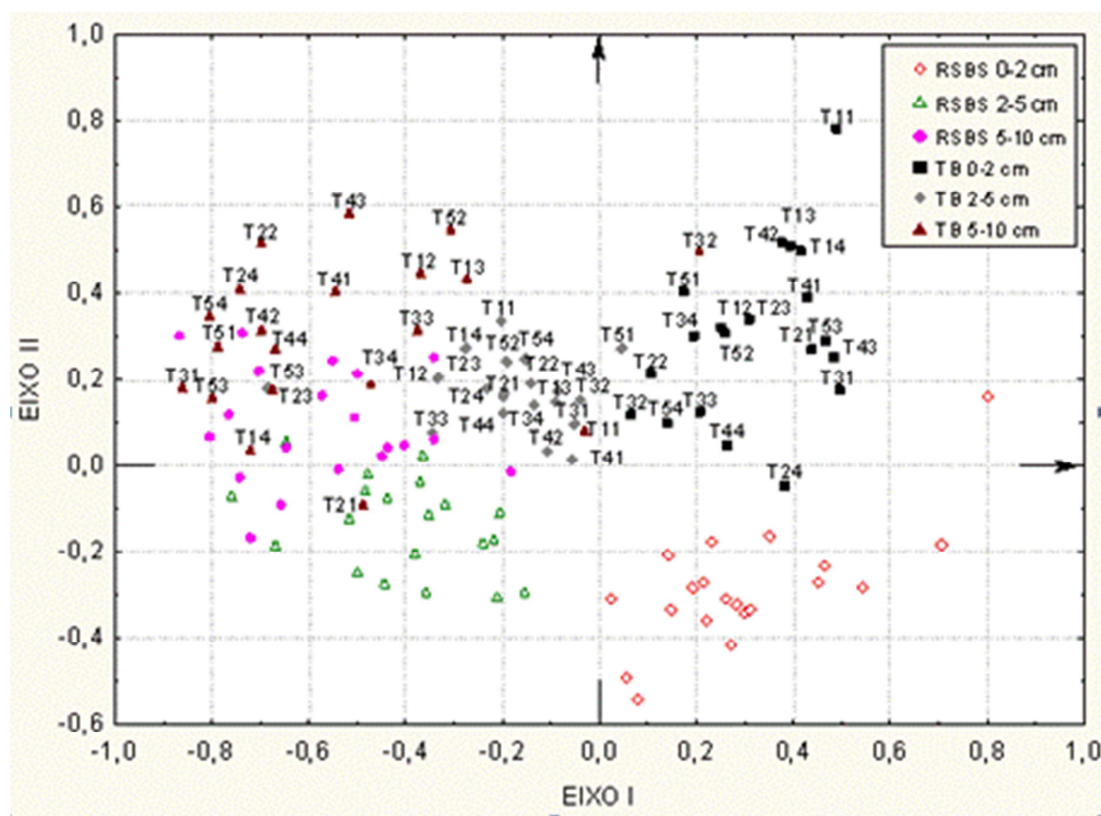


Figura VII.8.5.3-2 - AFC - Análise comparativa das comunidades bentônicas das áreas de RS-BS e Tubarão e dos estratos de 0 - 2 cm, 2 - 5 cm e 5 - 10 cm. Projeção das amostras no plano I-II com codificação dos estratos e das áreas RS-BS e Tubarão (com número da estação).

VII.8.6 - Resultados relevantes

Na área de TB na Bacia de Santos, os sedimentos são compostos basicamente por 29,3% de silte mais argila, 54,8% de areia e 15,9% de cascalho. Possuem em média 31,4% de CO_3^{2-} e 5,4% de MOT, a qual se distribui homogeneamente ao longo dos 10 cm do perfil. A razão C/N em torno de 64 e a razão C/P em torno de 141 sugerem que a matéria orgânica tenha origem predominante terrestre.

Na área de TB os resultados das concentrações dos 37 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos apresentaram concentrações não detectadas ou muito baixas nas 20 estações de coleta.

O maior conteúdo de MOT em Tubarão podem de alguma forma explicar a faixa de valores de hidrocarbonetos totais de petróleo e da mistura complexa não resolvida ligeiramente mais elevada em TB. Além de apresentar maior faixa de valores a área de TB também apresenta maiores valores de IPC (Índice Preferencial de Carbono) do que a Área de Referência Sul (RS-BS) indicativos da ausência de n-alcenos de origem petrogênica nas duas áreas.

Com relação aos metais, as diferenças estatísticas significativas observadas entre as estações, concentram-se predominantemente na estação TB_11.

As concentrações médias de metais em TB em geral são menores do que em RS-BS, com exceção de bário, cromo e cádmio.

Considerando-se a área de Referência Sul como background da região Bário apresenta enriquecimentos elevados nas estações TB_11 e TB_14 e moderados nas estações TB_21 e TB_24, o cádmio enriquecimentos elevados nas estações TB_51 e TB_52.

Com esses elementos não apresentam correlações com os indicadores de produtividade MOT, COT e N total é provável que esse enriquecimentos são de origem antropogênica.

Foram descritas e comparadas as características estruturais bióticas e abióticas das duas áreas de coleta, a área de referência Sul (RS-BS) e a área do poço Tubarão (TB).

Os fatores suscetíveis de alterar essas características estruturais, ou seja, as áreas de coleta (RS- BS e TB) e os estratos de amostragem (0 - 2 cm, 2 - 5 cm e 5 - 10 cm) foram analisados de maneira integrada por meio de técnicas multivariadas de ordenação. Concluímos que:

Um mesmo padrão de distribuição das variáveis bentônicas caracteriza as áreas de RS-BS e TB:

- A profundidade do estrato constitui o fator principal da variabilidade estrutural;
- As amostras do estrato de 0 - 2 cm apresentam maior densidade, riqueza e diversidade de todos os grupos bentônicos em ambas as áreas, sendo o grupo Polychaeta responsável pelos elevados valores desses índices;
- As características químicas e granulométricas do sedimento não permitem diferenciar as duas áreas, nem os estratos de amostragem; somente o nitrogênio total mostra um aumento no estrato de 0 - 2 cm.

As concentrações em contaminantes e metais diferenciam as duas áreas no estrato superficial:

- Bário, cádmio, cromo e HTP têm concentrações mais elevadas em TB;
- Os teores em Níquel, cobre, vanádio e manganês aumentam nas estações de RS-BS;
- Os n-alcanos são significativamente mais concentrados em RS-BS;
- A estação TB_11 apresenta concentrações elevadas em n-alcanos.

A composição taxonômica do bentos apresenta uma estrutura complexa. Ela é definida por:

- Uma associação de táxons exclusivos e/ou dominantes em determinadas estações e estratos das duas áreas;
- Uma homogeneidade nos estratos de 2 - 5 cm e 5 - 10 cm das duas áreas;
- Uma maior diferenciação do estrato de 0 - 2 cm;

As características bióticas e abióticas da área TB são independentes da posição geográfica das estações de coleta e da distância e da orientação em relação ao poço.

VII.8.7 - Anexos

Anexo VII.8.1-1 - Laudo de Granulometria - Poço Tubarão.

**Anexo VII.8.2-1 - Laudo de Metais, Carbonato, Matéria Orgânica, Carbono Orgânico,
Nitrogênio e Fósforo – Poço Tubarão.**

Anexo VII.8.2.1-1 - Laudo de HPA's – Poço Tubarão.

Anexo VII.8.2.1.1-1 - Cromatograma PAH – Poço Tubarão.

Anexo VII.8.2.2-1 - Laudo de HTP's – Poço Tubarão.

Anexo VII.8.2.2-2 - Laudo de *n*-alcanos C5 a C7 – Poço Tubarão.

Anexo VII.8.2.2-3 - Laudo de *n*-alcanos C8 a C40 – Poço Tubarão.

Anexo VII.8.2.2.2-1 - Cromatograma *n*-alcanos – Poço Tubarão.

Anexo VII.8.2.2-4 - Laudo de MCNR – Poço Tubarão.

Anexo VII.8.4.1-1 - Inventário taxonômico – macrofauna bentônica – Poço Tubarão.

Anexo VII.8.4.4-1 - Densidades das espécies – Poço Tubarão.