

## 2.2.4. Limnologia

### 2.2.4.1. Introdução

As áreas estuarinas estão sujeitas a oscilações acentuadas das variáveis físicas e químicas, que estão ligadas a fatores abióticos como a precipitação pluviométrica, ação de marés e o regime de ventos da região (TUNDISI, 1970; MONTU & GOEDEN, 1986 e CAVALCANTI *et al.*, 2008). Os estuários apresentam amplas variações, esses ambientes são considerados estressantes. Isso impõe limitações fisiológicas à biota, e somente algumas espécies desenvolveram mecanismos para tolerar tais condições (SAIZ-SALINAS & GONZÁLEZ-OREJA, 2000). As principais adaptações dos organismos estuarinos são a tolerância a uma ampla faixa de salinidade, a resistência a baixas tensões de oxigênio, e a pequena seletividade pelo alimento e substrato. Segundo MARGALEF, (1989) os padrões de circulação estuarina exercem uma pressão seletiva adicional sobre o zooplâncton estuarino, que precisa assim responder as mudanças nas características físicas e químicas do ambiente, as quais impõem padrões diários e sazonais, influenciando a dinâmica da população (KENNISH, 1990).

A conservação dos ambientes estuarinos e a perpetuação do seu potencial econômico são alcançadas através da abordagem dos principais problemas a eles relacionados, como também por meio do conhecimento das características comuns e únicas de cada estuário. Devido à importância dos ambientes aquáticos, a utilização de seus recursos pesqueiros e hídricos e, por outro lado, a degradação sofrida pelos corpos d'água pelas atividades urbanas e industriais, torna-se imprescindível o levantamento de suas condições ambientais, fornecendo dados para estudos posteriores e orientação às políticas de preservação. Segundo Brandinietal(1997), as variações no regime meteorológico, a geomorfologia e os impactos antropogênicos das regiões costeiras regem a hidrologia de cada região e as características taxonômicas e espaço-temporais das comunidades planctônicas, bem como de toda a fauna e flora aquática.

A produção primária é fundamental para a sustentação de todas as formas de vida na natureza e para a estruturação de todos os ecossistemas, esse processo viabiliza fluxos de energia entre o meio abiótico e meio biótico. Nos ambientes aquáticos, diversos organismos realizam produção primária através da fotossíntese ou da quimiossíntese (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002). Os estuários estão entre os ecossistemas mais produtivos da Terra, o que evidencia sua importância econômica, além desta, possuem um relevante papel ecológico, por serem ambientes propícios para o ciclo de vida de várias espécies, servindo de berçários para muitos organismos, e via de migração para outros, principalmente no período de reprodução.

Mamão *et al.* (2012), em um estudo realizado no rio São Mateus cita que os múltiplos usos dos ecossistemas fluviais podem provocar a ruptura do seu gradiente contínuo natural. Políticas de biomonitoramento e detecção de impactos antrópicos são necessárias para a manutenção da qualidade da água dos rios, visto que na área de estudo o lançamento de efluentes domésticos e industriais e a piscicultura intensiva influenciam na dinâmica biológica da região. Segundo Cruz, (2004) o estado do Espírito Santo ainda possui poucos estudos sobre seus ecossistemas costeiros e, em especial, são raros os estudos sobre a comunidade fitoplanctônica estuarina, que é uma das principais produtoras primárias das regiões costeiras.

O fitoplâncton é formado por organismos unicelulares ou organizado em colônias e filamentos, como algas microscópicas. Esse é o principal grupo de produtores primários estuarinos, tendo em vista que a maioria destes organismos é dotada de clorofila *a* e outros pigmentos acessórios, sendo fotoautotróficos, constituindo-se numa fonte primária de alimento para os produtores secundários. A clorofila é um grupo de pigmentos fotossintéticos presente nos cloroplastos, com enorme capacidade de absorver a luz através das regiões azuis e vermelhas do espectro eletromagnético, responsável pela coloração verde das plantas. Assim, a clorofila é um dos principais responsáveis pelo processo de fotossíntese e o conhecimento de sua concentração tem sido frequentemente utilizado para expressar a biomassa fitoplanctônica (KIRK 1994).

O plâncton encontra-se dividido em bacterioplâncton, protozooplâncton, fitoplâncton e zooplâncton, e suas dimensões variam de micrômetros a vários centímetros. Destes componentes, o fitoplâncton é um dos mais importantes, sendo formado por microalgas fotossintetizantes, encontradas em todos os ambientes aquáticos, que por sua vez, fazem parte da base da cadeia alimentar nesses ambientes. O fitoplâncton apresenta importância significativa na ecologia dos ambientes aquáticos servindo de fonte de energia, como carboidratos, lipídios vitaminas e sais minerais para consumidores primários, decompositores e detritívoros ao longo dos níveis tróficos. (RUPPERT & BARNES, 1996).

Dentre os organismos que integram os ambientes aquáticos, inserem-se as microalgas, que por serem fotossintetizantes, tornam-se imprescindíveis nesses ecossistemas, visto que, destes organismos vão depender de forma direta e indireta os demais níveis tróficos. Destaque se dá para o fitoplâncton, visto que, esta comunidade é globalmente considerada a mais importante dentre os produtores primários aquáticos (BONEY 1989). Os ecossistemas estuarinos são ambientes de grande produtividade sendo favorecido pelos nutrientes carreados pelos rios e pela influência periódica tanto de água doce quanto de água salgada, devido a esse intenso aporte de nutrientes esses ambientes apresentam um rápido crescimento de algas, da qual se constitui a base de cadeia alimentar que mantém os estoques comerciais de peixes, crustáceos e mariscos (PRIMACK & RODRIGUES, 2002).

As regiões estuarinas representam em sua maioria potencial de recursos pesqueiros de considerável magnitude (MACÍAS, 1999). O zooplâncton nos estuários ao longo da costa brasileira necessita de informações básicas de produtividade, em função das mudanças causadas pelo homem nas últimas décadas (SANKARANKUTTY *et al.*, 1995; ESQUINAZI-SANT'ANNA & TUNDISI, 1996). As associações zooplanctônicas têm um papel fundamental nos ecossistemas estuarinos, pois, a atividade alimentar destes animais tem consequências importantes para a ciclagem de nutrientes inorgânicos em águas salobras, através da excreção de diversas formas de nitrogênio e fósforo (DAY *et al.*, 1989).

A comunidade planctônica representa a base da cadeia alimentar pelágica nos ambientes marinhos. Os animais do plâncton pertencem a duas categorias básicas: o holoplâncton, constituído por organismos que passam todo o seu ciclo de vida como membros do plâncton, e o meroplâncton, animais que passam somente parte do seu ciclo vital no plâncton (OMORI & IKEDA, 1984). O zooplâncton pela sua definição, não pode realizar movimentos horizontais de longas distâncias, mas podem trocar de profundidade com movimentos modestos na coluna da água. Sua distribuição e abundância estão relacionadas com a distribuição sazonal e ciclos de produtividade de comunidades de fitoplâncton (SUMICH, 1996). PUELLES *et al.* (2003), em um estudo

realizado no mar Balear (oeste do Mediterrâneo), observaram variabilidade do zooplâncton e das características ecológicas das espécies durante um ciclo anual, resultando em três picos de abundância de zooplâncton durante as estações do ano. Contudo, as diferentes regiões do mundo apresentam variações peculiares nesta comunidade, o que torna necessária a realização de estudos contínuos em cada ecossistema (BOSCHI, 1981; RAYMONT, 1983).

A definição dos objetivos de um programa de monitoramento geralmente está associada à avaliação da qualidade ambiental para os usos requeridos propostos e à indicação da necessidade da implementação de projetos especiais relativos à identificação anterior de problemas específicos. A partir destes dois cenários, os programas de monitoramento podem ser classificados, de acordo com o uso que se pretende dar aos dados gerados, como de planejamento ou de controle do ecossistema em estudo. A compreensão da resposta do ecossistema a diferentes perturbações é essencial para apropriar o sistema de manejo em regiões costeiras (LECARI *et al.*, 2002). Através de uma análise quali-quantitativa temporal é possível analisar a estrutura da comunidade bentônica local e verificar impactos que alterem sua estrutura a partir de mudanças no ambiente. Além disso, estudos sobre a ecologia desse ecossistema agregam importantes informações sobre a biodiversidade local.

A resposta da comunidade faunística a um estresse dependerá da natureza, da frequência e da intensidade da perturbação (PICKETT e WHITE, 1985). Distúrbios ocasionados por alterações, que afetam as características químicas e físicas do sedimento de uma região podem acarretar variações nos fatores bióticos e abióticos da área, influenciando diretamente na composição e estrutura da fauna bentônica local (GERN, 2011). A distribuição da comunidade bentônica é influenciada por diversos fatores tais como distúrbios ambientais, tipo de sedimento e condições hidrodinâmicas (GASTON, 1987) outros autores afirmam que a granulometria do substrato é um dos fatores mais influentes na composição e estrutura das comunidades dos macrobentos (GRAY, 1981), alterando a distribuição e a abundância da fauna de macroinvertebrados bentônicos. Uma maneira de avaliar os possíveis efeitos deste impacto tem sido a avaliação de associações de macroinvertebrados bentônicos. Muitos estudos vêm demonstrando que a análise dessas comunidades é útil em programas de monitoramento (WARWICK, 1993).

#### **2.2.4.2. Área de estudo**

As amostragens das comunidades planctônicas (Fitoplâncton e Zooplâncton) e da comunidade bentônica, foram realizadas no rio São Mateus, ao longo de 10 pontos amostrais previamente estabelecidos localizados no delta e ao longo do rio (Figura 2.2.4.2-1). As campanhas foram realizadas em janeiro (verão) e abril (outono) de 2012, e em julho (inverno) e setembro (primavera) de 2013.

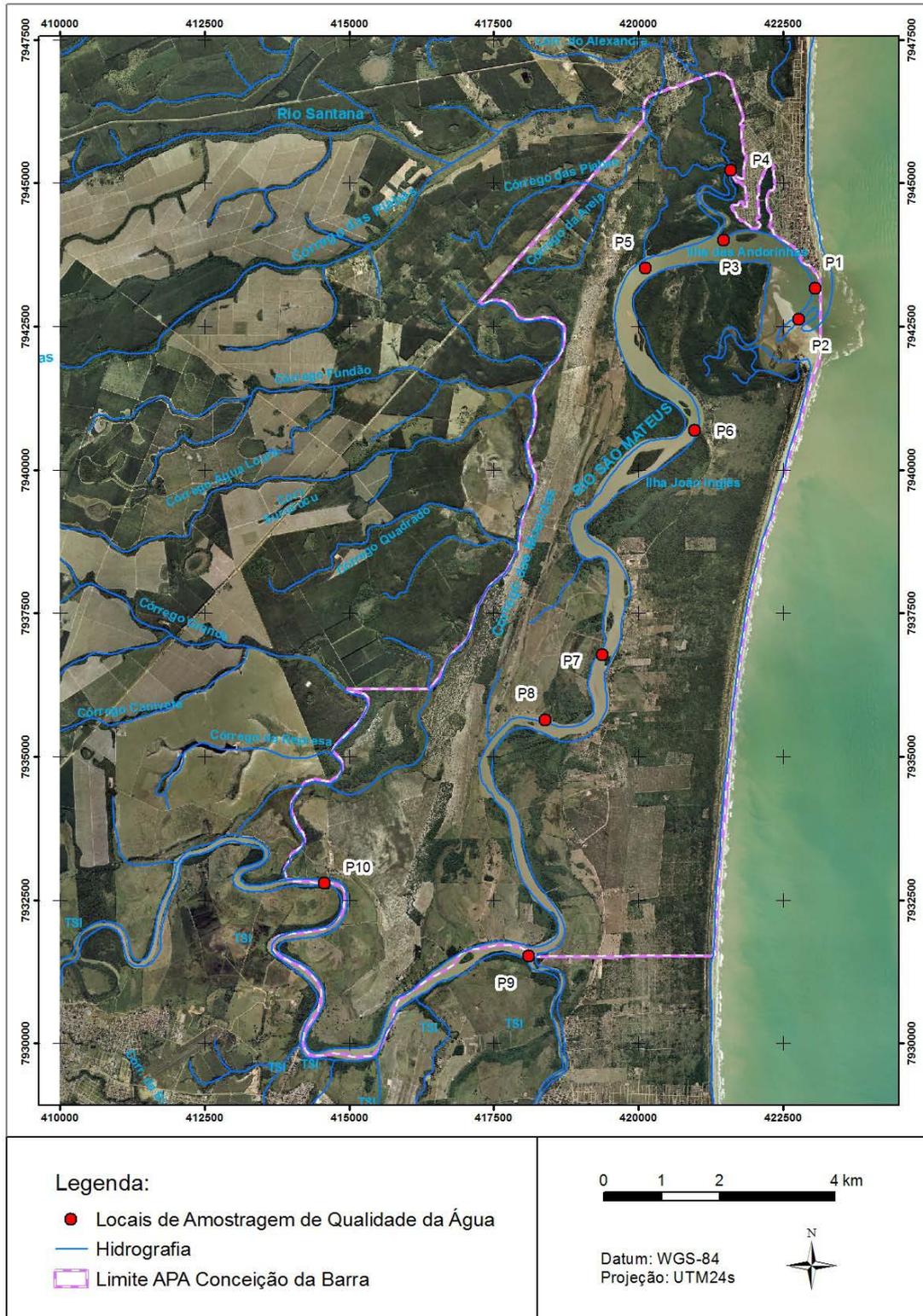


Figura 2.2.4.2-1 -Localização dos pontos de coleta na APA de Conceição da Barra

### **2.2.4.3. Metodologia**

#### **2.2.4.3.1. Plâncton**

##### ***Fitoplâncton***

As amostras de fitoplâncton foram coletadas com auxílio de rede de 20 µm de abertura de malha e 25 cm de diâmetro de boca, arrastada verticalmente a partir de 0.5 m do fundo até a superfície.

As amostras foram transferidas a frascos de polietileno e preservadas com solução de lugol acético, sendo utilizada para as análises qualitativas, com auxílio do microscópio binocular ocular. A identificação das algas foi realizada até o menor nível taxonômico possível. As amostras de fitoplâncton total foram coletadas aproximadamente a 20 cm da superfície da água para as análises quantitativas, e analisadas com auxílio de um microscópio invertido. Os resultados de densidade foram expressos em indivíduos por mililitro (ind.mL<sup>-1</sup>).

##### ***Zooplâncton***

As amostras de zooplâncton foram realizadas com o auxílio de rede de plâncton com 68 µm de abertura de malha e 25 cm de diâmetro de boca, arrastada verticalmente a partir de 0,5 m do fundo, até a superfície. Após a coleta, as amostras foram transferidas para frascos de polietileno, preservadas com formalina a 4% e coradas com algumas gotas de Rosa de Bengala. Este corante é quimicamente específico para carapaças de organismos zooplanctônicos, facilitando a visualização e contagem em amostras com elevada turbidez. As quantificações foram efetuadas através de sub amostragens, sendo as amostras previamente homogeneizadas para retirada das alíquotas. Cada subamostra foi colocada em placa tipo Bogorov e levada ao esteromicroscópio binocular para triagem dos organismos zooplanctônicos e depois levadas ao microscópio ótico para a observação mais detalhada e contagem de cerdas e espinhos de algumas estruturas morfológicas de importância taxonômica.

#### **2.2.4.3.2. Bentos**

As amostras foram coletadas com amostrador busca fundo do tipo Van veen, com área amostral de 477cm<sup>2</sup>. No laboratório, todas as amostras foram lavadas utilizando-se um jogo de peneiras com malha de 0,3µm e 0,5µm para posterior triagem do material com o auxílio de estereoscópio. Em seguida, fixaram-se os organismos triados em frascos para armazenamento com álcool 70% devidamente identificados com os dados de campo e identificados ao menor grupo taxonômico de acordo com bibliografia especializada, com auxílio de estereoscópio e microscópio ótico, sendo todos os organismos fotografados.

#### **2.2.4.4. Análise de dados**

Os índices ecológicos utilizados para avaliação da estrutura da comunidade são apresentados a seguir, sendo: riqueza (S), abundância (N), a diversidade de Shannon-Wiener, ( $H'$  loge), o índice de uniformidade ( $J'$ ) e a frequência de ocorrência (FO).

##### ***Índice de Riqueza de Espécies***

A riqueza de espécies refere-se à abundância numérica de táxons representada por:

$S = n^{\circ}$  de táxons na amostra.

##### ***Abundância***

A abundância refere-se ao número total de organismos encontrados e é representado por N.

##### ***Índice de Diversidade Específica***

O índice de diversidade de Shannon-Weaver é apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade de interesse e é estimado através da seguinte equação:

$$H' = - \sum (P_i \log_e P_i)$$

Onde:

$H'$  = Índice de Shannon (ind·bits<sup>-1</sup>);

$$P_i = \frac{N}{n}$$

Sendo:

n = Número de indivíduos de cada espécie;

N = Número total de indivíduos.

O Índice de Shannon-Weaver determina baixa diversidade quando seu valor é próximo a 01 (um) e alta diversidade quando se aproximar a 05 (cinco).

≥4 - Muito Alta

3 a 4 - Alta

2 a 3- Média

1 a 2 - Baixa  
< 1- Muito Baixa

### ***Equitabilidade (J)***

A medida de Uniformidade ou Equitabilidade compara a diversidade de Shanon-Weaver com a distribuição das espécies observadas que maximiza a diversidade. Ela determina quão uniformemente os indivíduos são distribuídos entre as espécies encontradas. O grau de Equitabilidade (J') nas abundâncias relativas das espécies nas amostras é expressa como:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max'}}$$

Onde:

J' = Equitabilidade

H' = Índice de Shanon-Wiener

H'max = é dado pela seguinte expressão:

$$H'_{\max'} = \text{Log}S$$

Onde:

S= Número total de espécies na amostra

O grau de Equitabilidade encontra-se delimitado dentro de uma faixa que oscila entre 0 (zero) e 1 (um), definindo uma amostra pouco uniforme se o valor estiver perto de zero (0) e muito uniforme se próximo de um (1) (WASHINGTON, 1984).

### ***Frequência de ocorrência***

A frequência de ocorrência dos organismos foi calculada pela fórmula:

$$F_o = \frac{T_a \times 100}{T_A}$$

Onde:

F<sub>o</sub>= Frequência de ocorrência (%);

T<sub>a</sub>= Número de amostras contendo a espécie;

T<sub>A</sub> = Número total de amostras.

Os resultados foram dados em percentagem e foi utilizado o seguinte critério:

- ≥80% - Muito frequente
- 40% a 80% - Frequente
- 20% a 40% - Pouco frequente
- < 20% - Esporádico

A Análise de Variância ANOVA foi feita para verificar a ocorrência de diferenças significativas entre os índices ecológicos dos pontos de monitoramento.

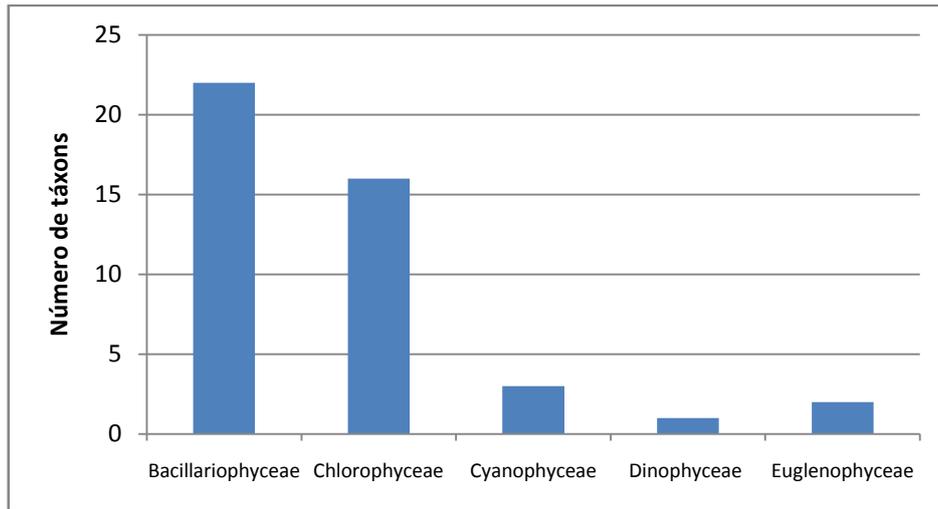
A análise comparativa das estações monitoradas em relação às associações de organismos bênticos nas diferentes profundidades incluiu análise de agrupamento e o método de ordenamento por análise multidimensional não paramétrica (MDS), utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis com os dados de abundância média dos taxa. A adequação da configuração das amostras no ordenamento MDS foi obtida através do valor de estresse, que abaixo de 0,05 proporciona uma excelente representação espacial sem probabilidade de má interpretação (CLARKE e WARWICK 2001). Por fim, uma análise de correlação canônica (CCA) foi realizada a fim de estabelecer o relacionamento entre o agrupamento das variáveis abundância e distribuição dos taxas em relação ao ponto de monitoramento com o agrupamento das variáveis ambientais granulometria. Desta forma, pode-se estabelecer afinidades entre estas variedades

## **2.2.4.5. Resultados**

### **2.2.4.5.1. Plâncton**

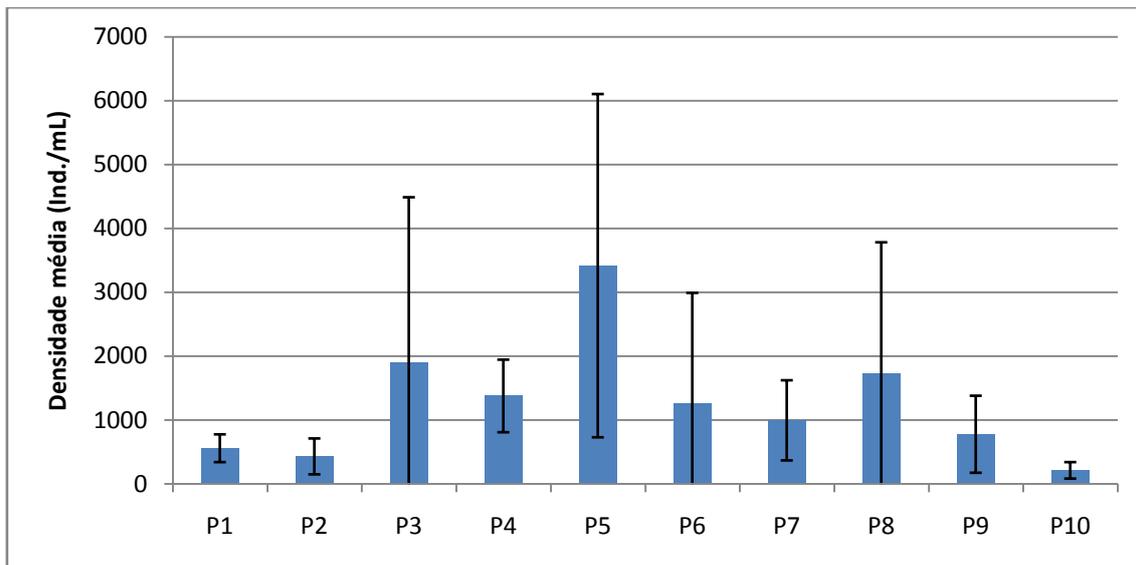
#### ***Fitoplâncton***

Na análise consolidada das quatro campanhas das estações sazonais de verão, outono, inverno e primavera entre os anos de 2012 a 2013, foram registrados 44 táxons distribuídos entre 5 Classes, Bacillariophyceae (22 táxons), Chlorophyceae (16 táxons), Cyanophyceae (3 táxons), Dinophyceae (1) e Euglenophyceae (2) (Figura 2.2.4.5-1).



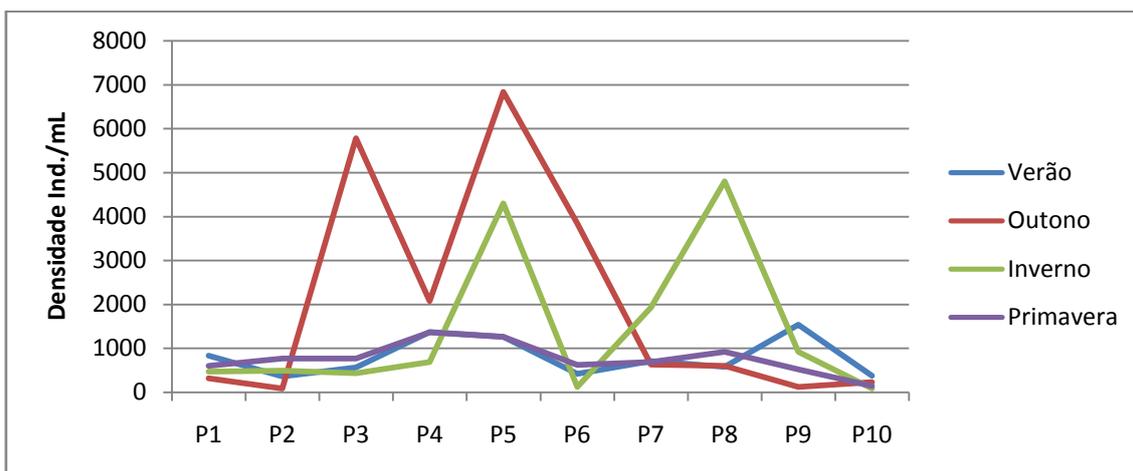
**Figura 2.2.4.5-1** -Número de táxons das classes de fitoplâncton encontrados durante todo o monitoramento da comunidade fitoplanctônica do rio São Mateus.

A densidade média encontrada ao longo das estações sazonais foi maior no ponto de monitoramento P5 ( $3.417 \pm 2.687$ ) e menor no ponto P10 ( $213 \pm 128$ ).



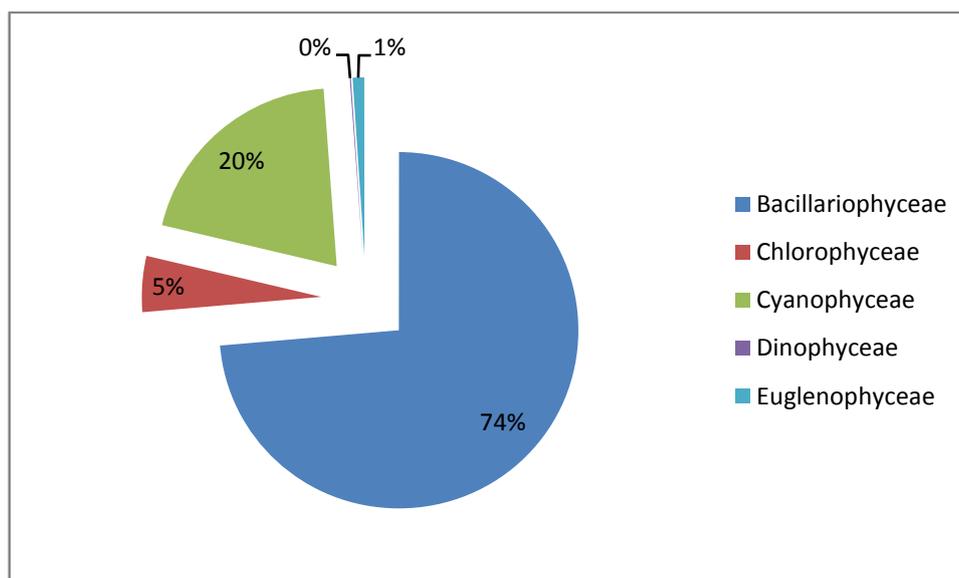
**Figura 2.2.4.5-2** -Densidade média dos pontos amostrais ao longo das quatro campanhas de monitoramento da comunidade fitoplanctônica do rio São Mateus.

Considerando as estações sazonais, foi estimada a densidade total de cada ponto amostral (Figura 3). As estações de outono e inverno apresentaram as maiores densidades 20.567 e 14.262 Ind./mL respectivamente. Os maiores picos de densidade foram encontrados nos pontos de monitoramento P5 (6.832 Ind./mL) e P3 (5.783 Ind./mL) na estação de outono, e P8(4.802 Ind./mL) e novamente P5 (4.300 Ind./mL) na estação de inverno. A densidade das estações de verão e primavera foram semelhantes ao longo dos pontos amostrais, apresentando as menores densidades encontradas.



**Figura 2.2.4.5-3** -Densidade total do fitoplâncton em cada ponto amostral, em relação a estação sazonal amostrada no rio São Mateus.

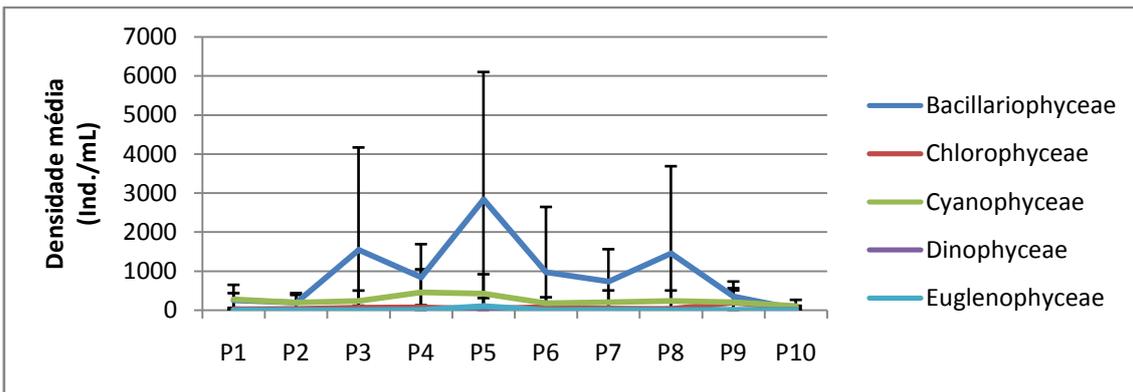
A classe Bacillariophyceae foi a mais representativa, devido a principal espécie encontrada nas águas do rio São Mateus, a alga *Skeletonemasp.* Esta classe foi responsável por até 74% da densidade total entre todas as campanhas. Em sequência a classe Cyanophyceae representou 20% do total da densidade, principalmente devido a alga *Synechocystis*sp. a qual foi a segunda mais representativa do total das amostragens de todas as estações. As algas da classe Chlorophyceae representaram 5% do total da densidade, principalmente devida a *Chlorella*sp. que diversas vezes ocupou lugar de destaque na densidade total do fitoplâncton do Rio São Mateus. As classes Dinophyceae e Euglenophyceae apresentaram baixa densidade sendo responsáveis por até 1% do total da densidade (**Figura 2.2.4.5-4**).



**Figura 2.2.4.5-4** -Densidade total das classes do fitoplâncton amostradas no rio São Mateus durante todo o monitoramento.

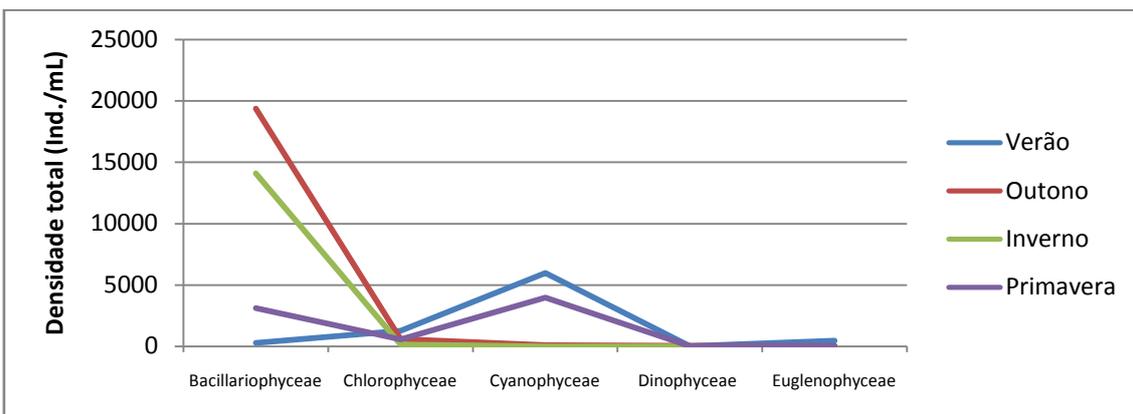
Marins (2007), observou uma espécie do gênero *Skeletonema* qual considerou potencialmente indicadoras de áreas estuarinas, constituindo-se um elemento presente em vários estuários de todo o mundo, podendo resistir a amplas variações físicas e químicas mostrando suportar as diversas mudanças ambientais que os estuários apresentam. Na área de estudo esse gênero ocorreu em todos os pontos amostrais e com a maior densidade geral dentre os organismos identificados. Matthiensen *et al.*, (1999), estudando a variação das comunidades fitoplanctônicas no estuário da Lagoa dos Patos observou predominância de bacilariofíceas durante quase todo o ano, citando o gênero *Skeletonema* como dominante em várias épocas do ano, chegando a registrar representatividade de 87% frequência entre as diatomáceas amostradas em alguns períodos. Essa observação corrobora com a dominância encontrada no presente estudo que registrou predomínio dessa classe de diatomáceas e frequência de 98% do gênero *Skeletonema* entre os pontos amostrais. A classe Bacillariophyceae se apresentou dominante na região de estudo e isso foi verificado anteriormente Mamão *et al.*, (2012), no rio São Mateus e por Cruz (2004) no trecho final dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, o que dá suporte para os resultados obtidos nesse trabalho.

A densidade média das classes ao longo das estações sazonais em relação aos pontos de monitoramento, indicou que nos pontos P3, P4, P5, P6, P7 e P8, a classe Bacillariophyceae apresentou maior densidade média. A segunda classe mais abundantes nestes mesmos pontos foi Cyanophyceae (**Figura 2.2.4.5-5**).



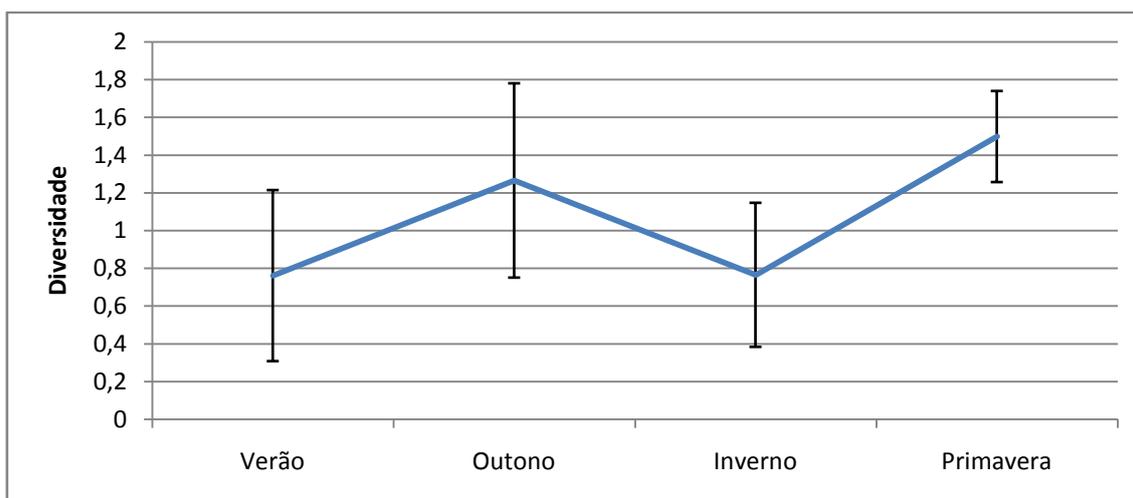
**Figura 2.2.4.5-5** -Densidade média das classes do fitoplâncton nos pontos de monitoramento do Rio São Mateus entre as estações de verão, outono, inverno e primavera.

No verão e na primavera, a classe Cyanophyceae foi dominante, apresentando 5.978 ind./mL e 3.980 ind./mL respectivamente. No outono e no inverno, a classe Bacillariophyceae dominou com 19.378 ind./mL e 14.082 ind./mL respectivamente (Figura 2.2.4.5-6).



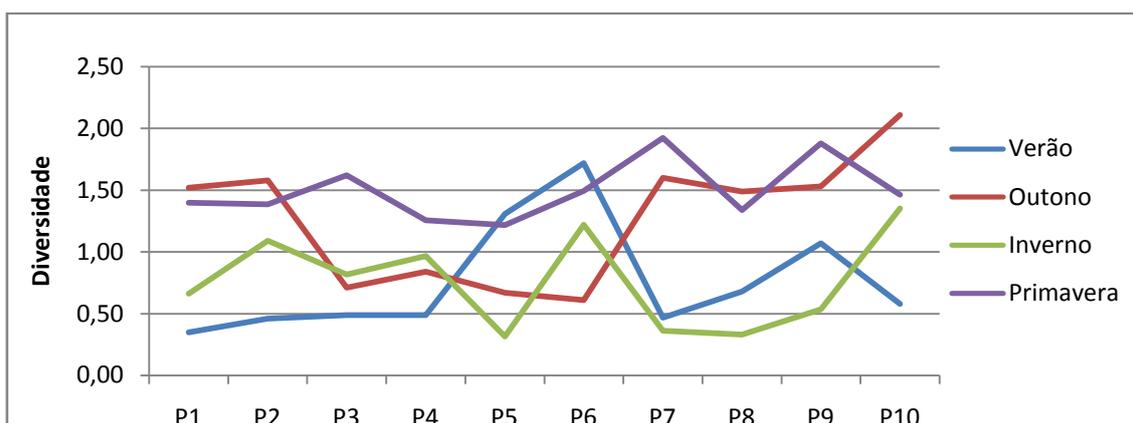
**Figura 2.2.4.5-6** -Densidade das classes em relação as estações de verão, outono, inverno e primavera no rio São Mateus.

O índice ecológico de diversidade média foi maior na estação da primavera ( $H'=1.498$ ) e menor na estação de verão ( $H'=0.762$ ) (Figura 2.2.4.5-7).



**Figura 2.2.4.5-7** -Diversidade média (Shannon Wiener) da comunidade fitoplanctônica do rio São Mateus nas estações sazonais.

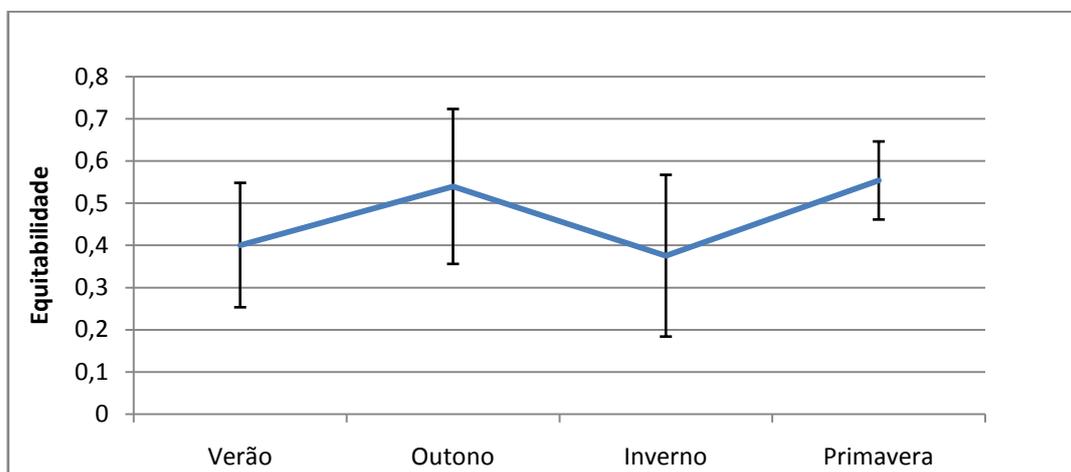
No verão, o ponto P6 apresentou a maior diversidade ( $H'=1.72$ ) e menor no ponto P1 ( $H'=0.35$ ). Na estação de outono, o ponto P10 apresentou diversidade  $H'= 2.11$ , sendo esta a maior diversidade registrada em um ponto durante todo o monitoramento, e em contrapartida da estação de verão, o ponto P6 foi o que apresentou a menor diversidade ( $H'=0.61$ ). No inverno, a maior diversidade também foi registrada no ponto P10 ( $H'=1.35$ ), sendo no ponto P5 encontrada a menor diversidade durante o inverno ( $H'=0.32$ ). A primavera apresentou o maior índice de diversidade média entre os pontos, chegando no pico de  $H'=1.92$  no ponto P7 e mínima diversidade no ponto P5 ( $H'=1.21$ ) (**Figura 2.2.4.5-8**). A análise de variância (ANOVA) indicou diferenças significativas entre a diversidade dos pontos de monitoramento em relação a estação amostrada ( $p<0.05$ ).



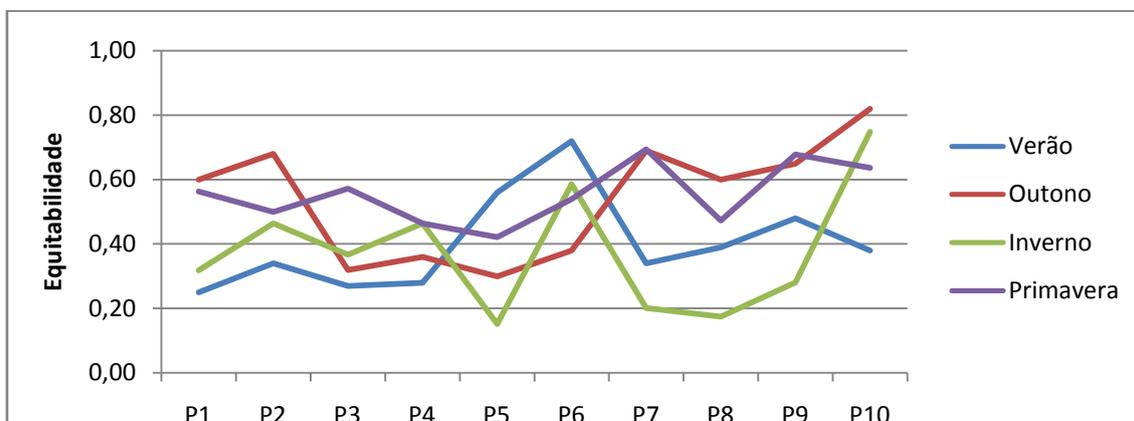
**Figura 2.2.4.5-8** -Diversidade dos pontos de monitoramento em relação às estações sazonais.

Teixeira *et al.*, (1965) cita que a Baía do Espírito Santo apresenta índices de diversidade entre 0,09 e 3,78 bits/cel. Segundo ele, estes valores revelam que a estrutura da comunidade da Baía do Espírito Santo é amplamente diversificada. Tenebaum (1995) e Teixeira *et al.*, (1965), relataram os maiores índices de diversidade na primavera e os menores na estação de verão e outono, como visto no presente estudo no rio São Mateus. De acordo com Tundisi (1970), populações do fitoplâncton estuarino apresentam baixo índice de diversidade em comparação com regiões costeiras ou oceânicas. Segundo Margalef (1958), valores de diversidade específica que variam de 1 a 2,5 bits/cel. caracterizam a região costeira, podendo ser especialmente baixos em estuários, comunidades em início de sucessão e ambientes poluídos. O baixo índice de diversidade encontrado caracteriza o ambiente estuarino, o qual apresenta suas variações condicionadas por fatores físicos e químicos característicos do ambiente.

A equitabilidade seguiu o mesmo padrão da diversidade indicando uma harmonia na distribuição dos táxons em relação à estrutura da comunidade do fitoplâncton nas estações amostradas (Figura 2.2.4.5-9 e Figura 2.2.4.5-10).

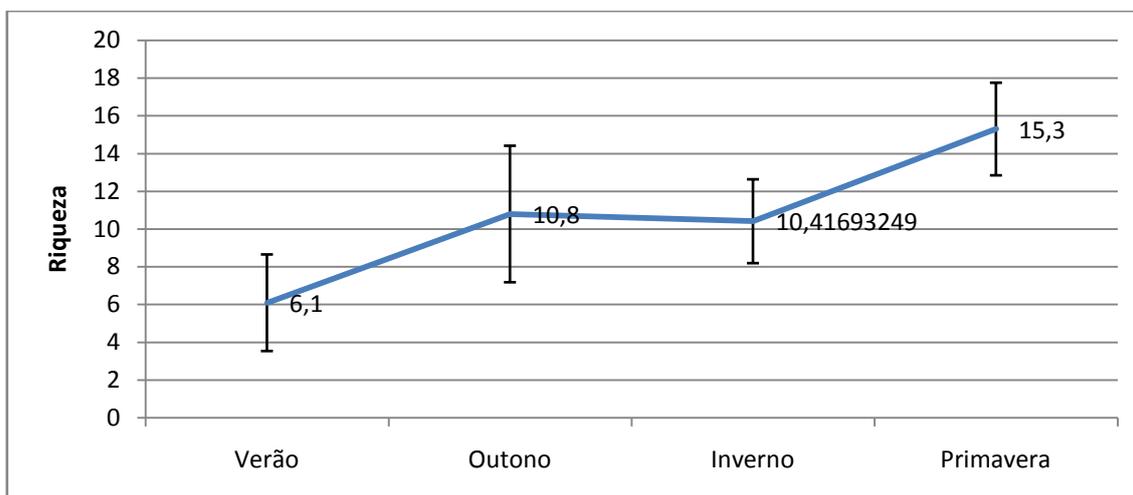


**Figura 2.2.4.5-9** -Equitabilidade da comunidade do fitoplâncton ao longo das estações sazonais no rio São Mateus.

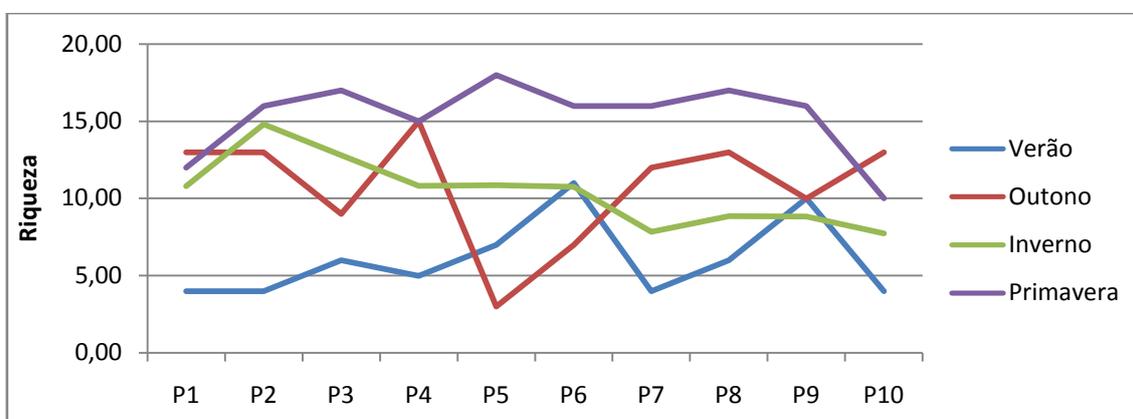


**Figura 2.2.4.5-10**-Equitabilidade da comunidade do fitoplâncton nos pontos de monitoramento em relação às estações sazonais.

A riqueza média foi maior na primavera ( $S=15.3$ ) e menor na estação de verão ( $S=6.1$ ) (**Figura 2.2.4.5-11**). Na primavera, o ponto P5 apresentou a maior riqueza ( $S=18$ ). No inverno, o ponto P2 apresentou a maior riqueza  $S=15$ , no outono a maior riqueza foi encontrada no ponto P4 ( $S=15$ ) e no verão o ponto P6 que apresentou a maior riqueza taxonômica ( $S=11$ ) (**Figura 2.2.4.5-12**).

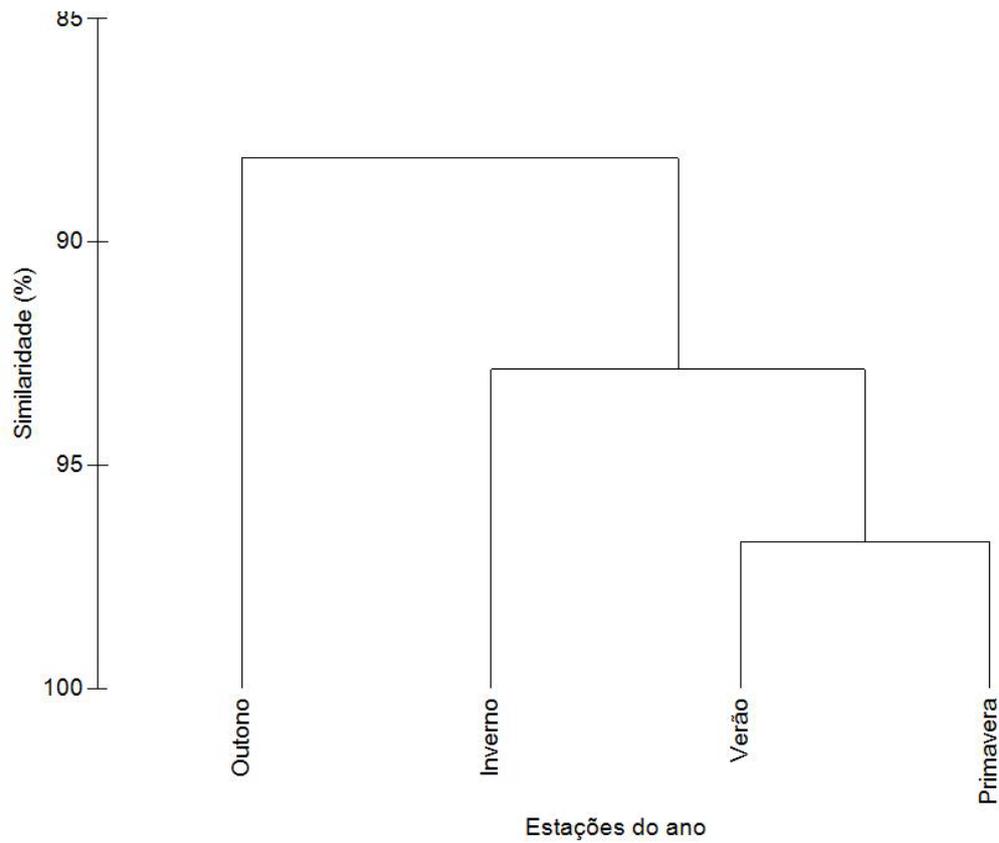


**Figura 2.2.4.5-11**-Riqueza média da comunidade do fitoplâncton ao longo das estações sazonais no rio São Mateus.



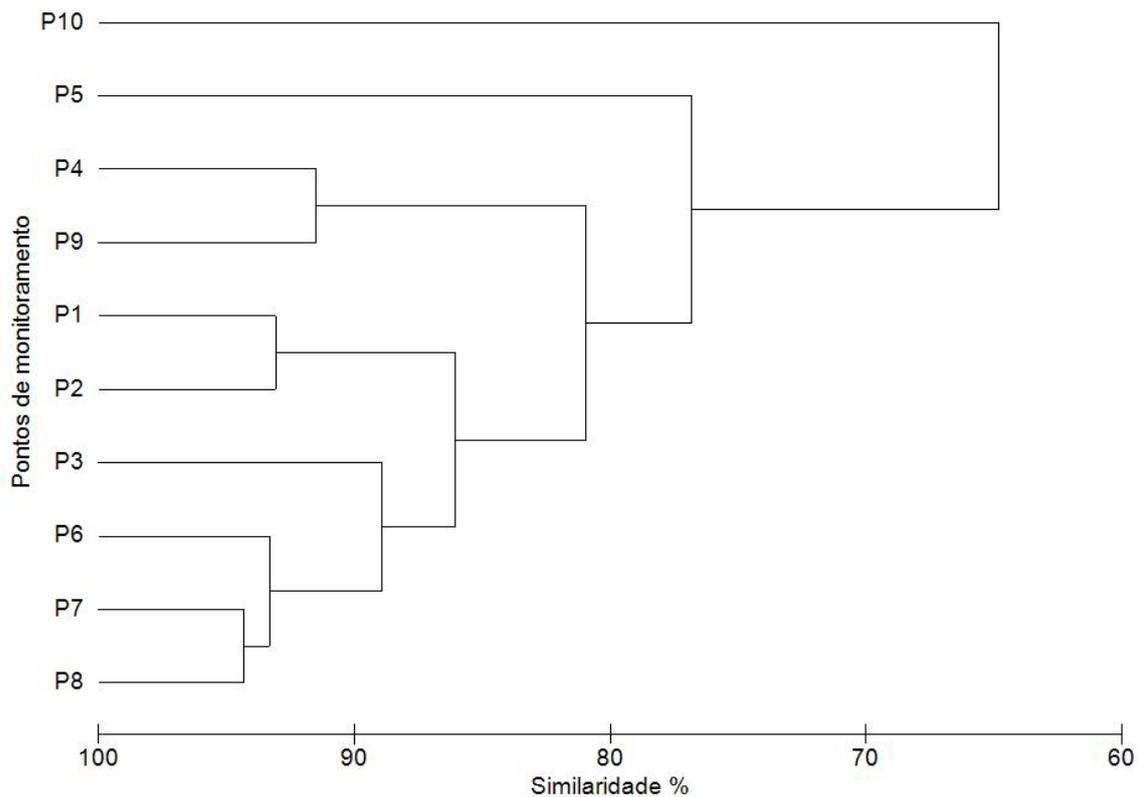
**Figura 2.2.4.5-12**-Riqueza da comunidade do fitoplâncton nos pontos de monitoramento em relação às estações sazonais.

A análise de similaridade de Bray Curtis demonstrada através do cluster (Figura 2.2.4.5-13) demonstra claramente uma similaridade de mais de 95% das comunidades estabelecidas no verão e na primavera. A menor similaridade entre as estações foi atribuída a estação de outono, no entanto pode ser considerada similar as demais estações por apresenta mais de 85% de similaridade entre elas.



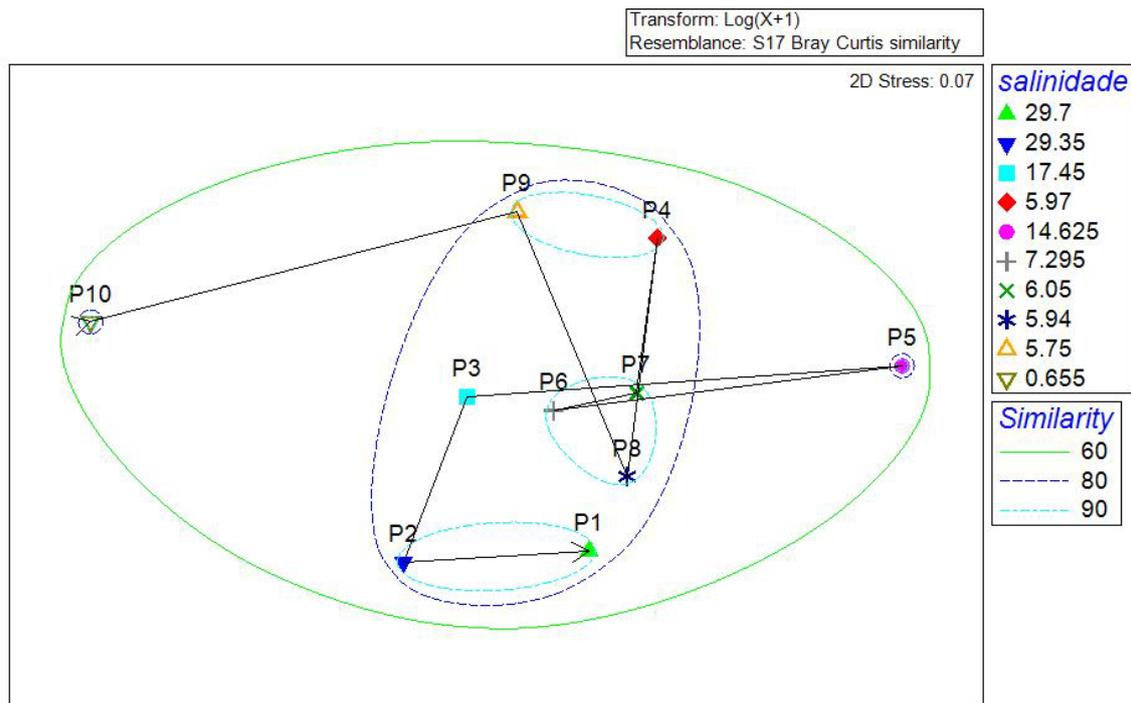
**Figura 2.2.4.5-13-Cluster de similaridade da comunidade do fitoplâncton entre as estações sazonais monitoradas no rio São Mateus.**

Quando formatado o cluster por média da comunidade do fitoplâncton de cada ponto de monitoramento, o ponto menos similar aos demais é o ponto P10 (65%), onde na maioria das estações sazonais apresentou diferenças na estrutura da comunidade.



**Figura 2.2.4.5-14-Análise de similaridade entre a média dos pontos de monitoramento ao longo das quatro estações sazonais amostradas no rio São Mateus.**

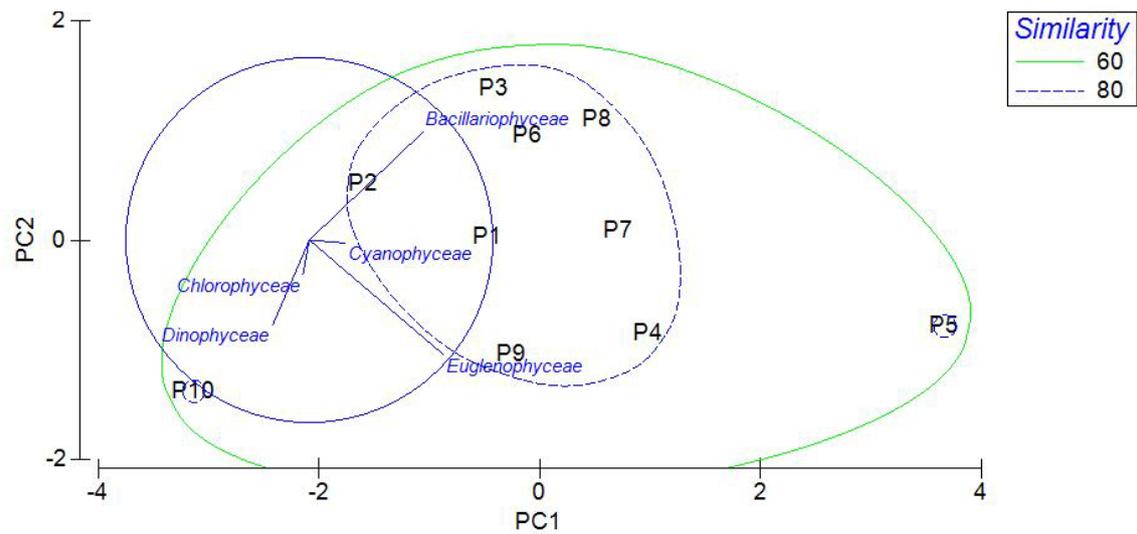
Uma análise de escalonamento multidimensional foi gerada no intuito de descrever espacialmente a comunidade do fitoplâncton dos pontos de monitoramento em relação ao fator média da salinidade entre as estações. Uma linha sequencial gerada no PRIMER, indica a distribuição espacial da salinidade começando pelo ponto P10 onde a média da salinidade foi de 0.655, seguindo para o ponto P9 (salinidade = 5.75), P8 (5.94), P4 (5.97), P7 (6.05), P6 (7.295), P5 (14.625), P3 (17.45), P2 (29.35) e finalmente P1 (29.7), formando assim um gradiente de dispersão da comunidade em relação a salinidade, onde foram encontradas fortes correlações com a comunidade fitoplanctônica (Figura 2.2.4.5-15).



**Figura 2.2.4.5-15-**Análise de MDS com os fatores de estrutura de comunidade x fator salinidade encontrada ao longo dos pontos de monitoramento do rio São Mateus.

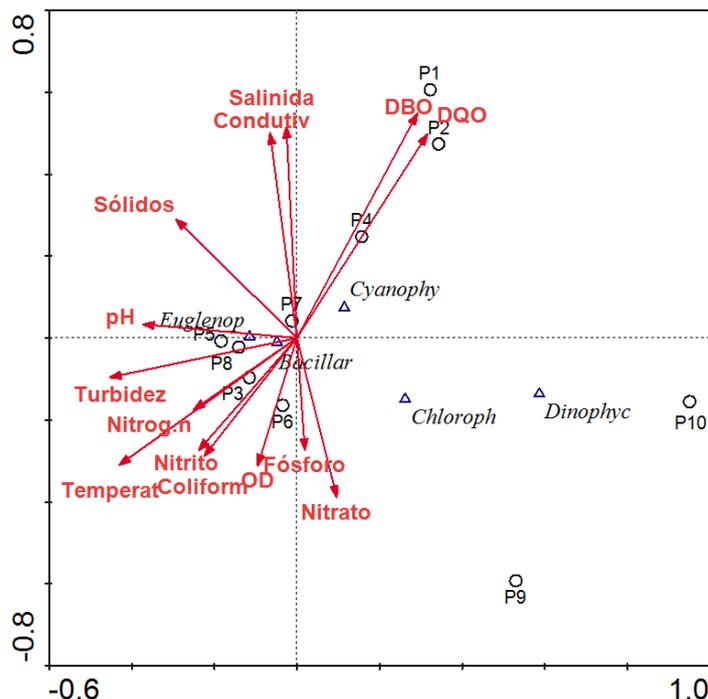
Os ciclos de marés e sazonais são fatores importantes que modulam e condicionam eventos na maioria dos estuários e outros sistemas litorâneos (CLOERN *et al.* 1985). A pluviosidade mostra-se como um fator condicionante para alguns parâmetros hidrológicos e biológicos (TUNDISI & TUNDISI 1976), seja de forma direta ou indireta, geralmente com uma influência bastante nítida sobre os nutrientes, material em suspensão, transparência da água, salinidade, biomassa e produtividade fitoplanctônica. No rio São Mateus a variação espacial da comunidade fitoplanctônica pode estar sendo influenciada tanto pela dinâmica do ambiente como por fatores antrópicos visto que Mamão *et al.*, (2012), observou que lançamento de efluentes domésticos e industriais e a piscicultura intensiva influenciam na dinâmica biológica da região moldando a comunidade primária desse ambiente.

A análise de componentes principais (PCA) correlacionou a distribuição das classes em relação aos pontos de monitoramento do Rio São Mateus (**Figura 2.2.4.5-16**). Em geral, a distribuição das classes é 60% similar entre os pontos de monitoramento ao longo das quatro estações sazonais no entanto, pode se observar a correlação de clorofíceas com o ponto P10, bem como a amplitude de distribuição da classe das bacilariofíceas principalmente nos pontos P3, P8, P6 e P2. Importante salientar que a distribuição das classes nos pontos P5 e P10 é menos similar aos outros pontos.



**Figura 2.2.4.5-16**-Análise de componentes principais entre os pontos de monitoramento do rio São Mateus, com a distribuição das classes do fitoplâncton.

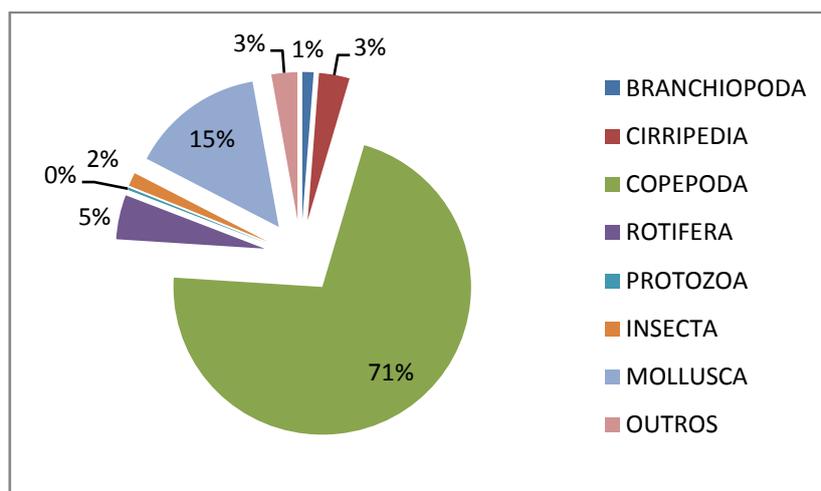
A análise de correspondência canônica evidenciou a média dos parâmetros físico-químicos com a média da comunidade em relação as estações amostrais (**Figura 2.2.4.5-17**). O ponto P10 correlacionou brevemente com os parâmetros de Fósforo e Nitrato, no entanto esta correlação não é suficiente para explicar a diferença deste ponto em relação aos outros. A classe Bacillariophyceae, a mais abundante, não sofre influência direta da correlação entre qualquer fator, e parece estar bem distribuída ao longo das estações e ponto de monitoramento. A maior correlação foi encontrada para os parâmetros de DBO e DQO, com os pontos P1 e P2, estes influenciados pela salinidade uma vez que são os pontos mais próximos ao mar, localizados na foz do rio São Mateus.



**Figura 2.2.4.5-17-**Análise de correspondência canônica entre a média dos parâmetros físico-químicos com a média da comunidade do fitoplâncton em relação as estações amostrais.

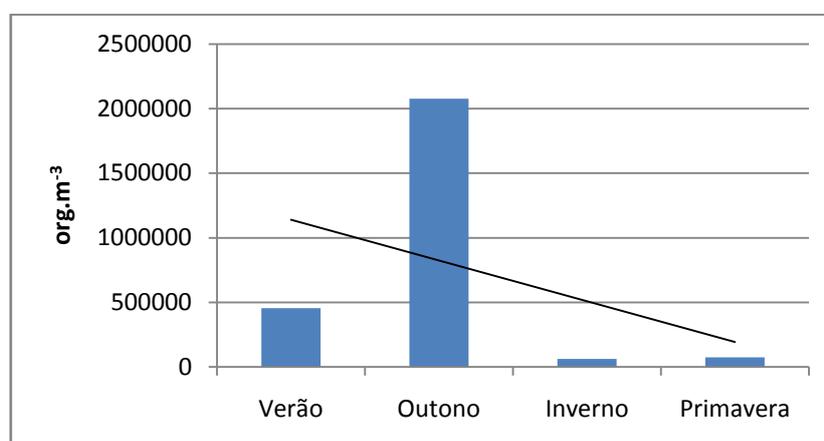
### Zooplâncton

Na análise consolidada dos dados das quatro estações amostradas da comunidade zooplancônica do rio São Mateus, foram registrado um total de 2667801.00 org.m-3 distribuídos em 119 táxons pertencentes a sete principais grupos taxonômicos, Branchiopoda, Cirripedia, Copepoda, Rotifera, Protozoa, Insecta e Mollusca. Destes grupos taxonômicos apresentados, a maior densidade do zooplâncton foi atribuída a Copepoda, que correspondeu a 71% da densidade total do zooplâncton entre os dez pontos amostrados nas quatro estações sazonais (Figura 2.2.4.5-18).



**Figura 2.2.4.5-18-**Representação da densidade total dos grupos taxonômicos durante as quatro estações sazonais, amostradas no Rio São Mateus.

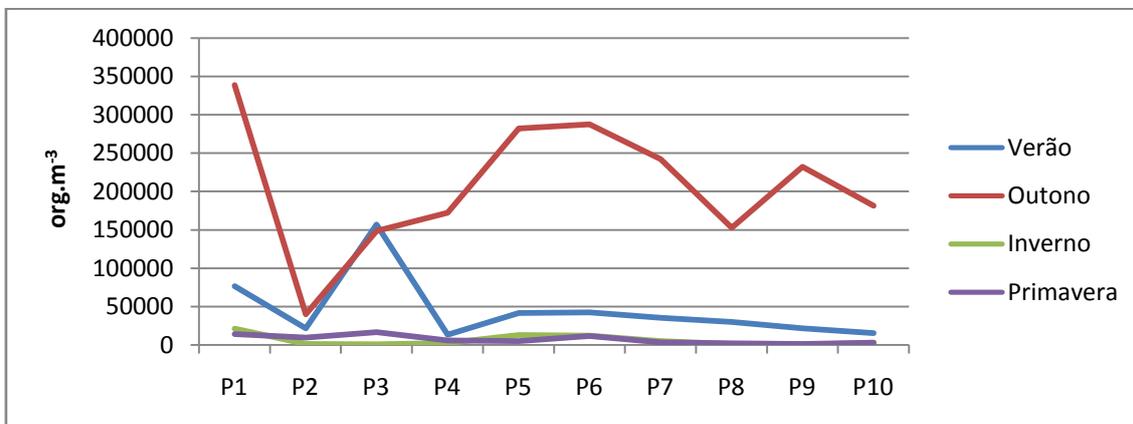
A densidade total apresentou variação sazonal, indicando o maior pico de densidade na estação de outono ( $2076601 \text{ org.m}^{-3}$ ) (Figura 2.2.4.5-19). Este padrão sazonal apresenta uma densidade média no Verão ( $454840 \text{ org.m}^{-3}$ ), atingindo o pico no outono, como supracitado anteriormente, em sequência uma acentuada queda no inverno ( $62040 \text{ org.m}^{-3}$ ), com um brando aumento na primavera ( $74320 \text{ org.m}^{-3}$ ). Levando em consideração que a primavera antecede o verão, podemos observar uma linha de tendência linear, caracterizando o efeito da sazonalidade sobre esta comunidade.



**Figura 2.2.4.5-19-**Densidade total do zooplâncton no rio São Mateus ao longo das estações do ano. Uma linha de tendência linear pode ser observada.

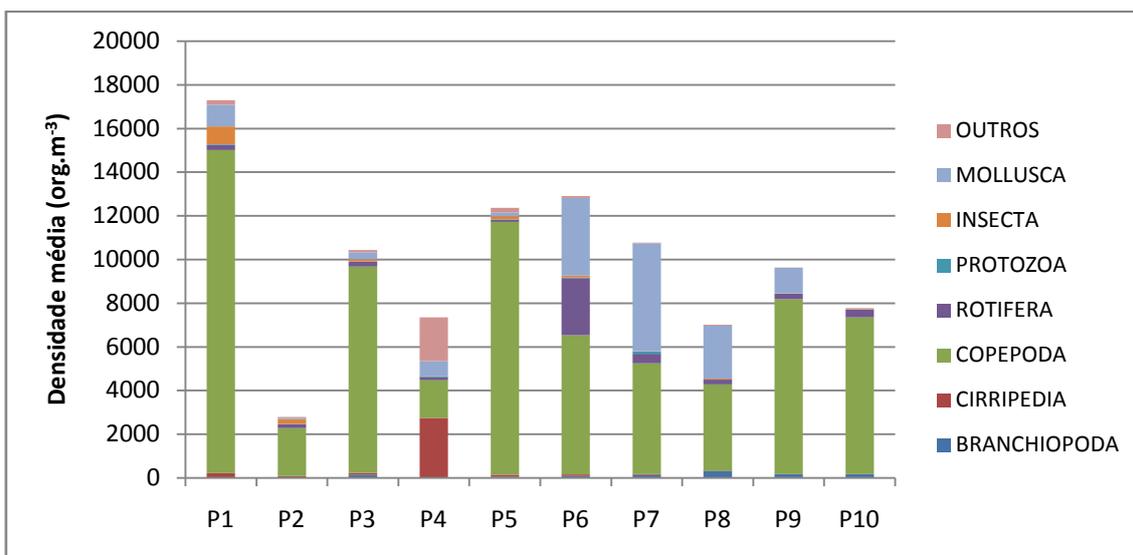
A densidade total entre os pontos de monitoramento foi maior na estação de outono, onde os maiores picos de densidades foram encontrados no ponto de monitoramento P1 ( $338500 \text{ org.m}^{-3}$ ) e a mínima densidade encontrada no ponto P2 ( $40000 \text{ org.m}^{-3}$ ) durante o outono. A segunda estação mais abundante, o verão exibiu

padrão de distribuição da densidade semelhante as demais estações (Inverno e primavera), no entanto, apresentou picos de densidade máxima no ponto P3 (156770 org.m<sup>-3</sup>). As estações de Inverno e primavera apresentaram densidades semelhantes exibindo um padrão de distribuição ao longo dos pontos amostrais (Figura 2.2.4.5-20).



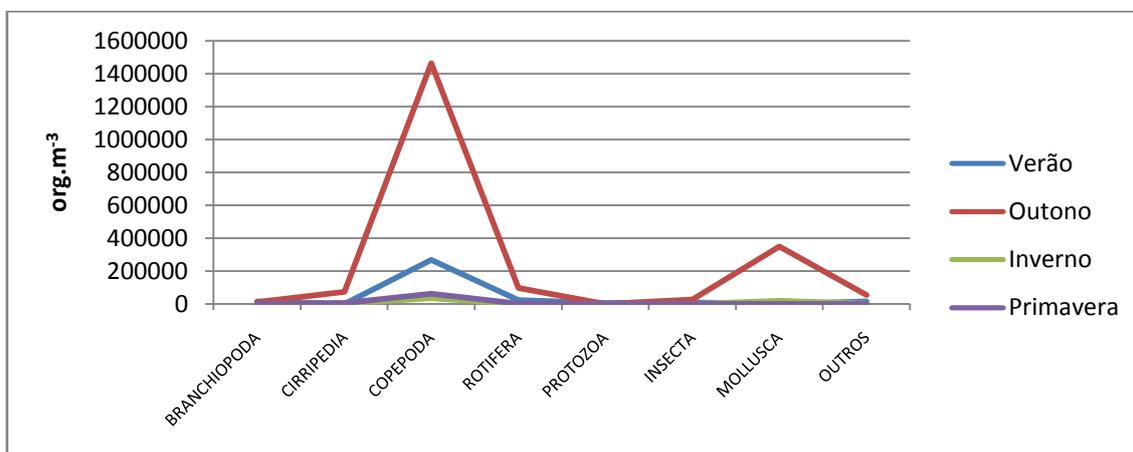
**Figura 2.2.4.5-20-Densidade total entre os pontos de monitoramento ao longo das estações do ano.**

A densidade média dos grupos taxonômicos ao longo das estações do ano em relação aos pontos de monitoramento, indica a dominância da Classe Copepoda na maioria dos pontos de monitoramento com exceção no ponto P4, onde a densidade de Cirripedia e de organismos de outros grupos foram maiores (Figura 2.2.4.5-21). Um outro grupo de grande importância é Mollusca, principalmente pela densidade de larvas véliger encontradas principalmente nos pontos P6 e P7.



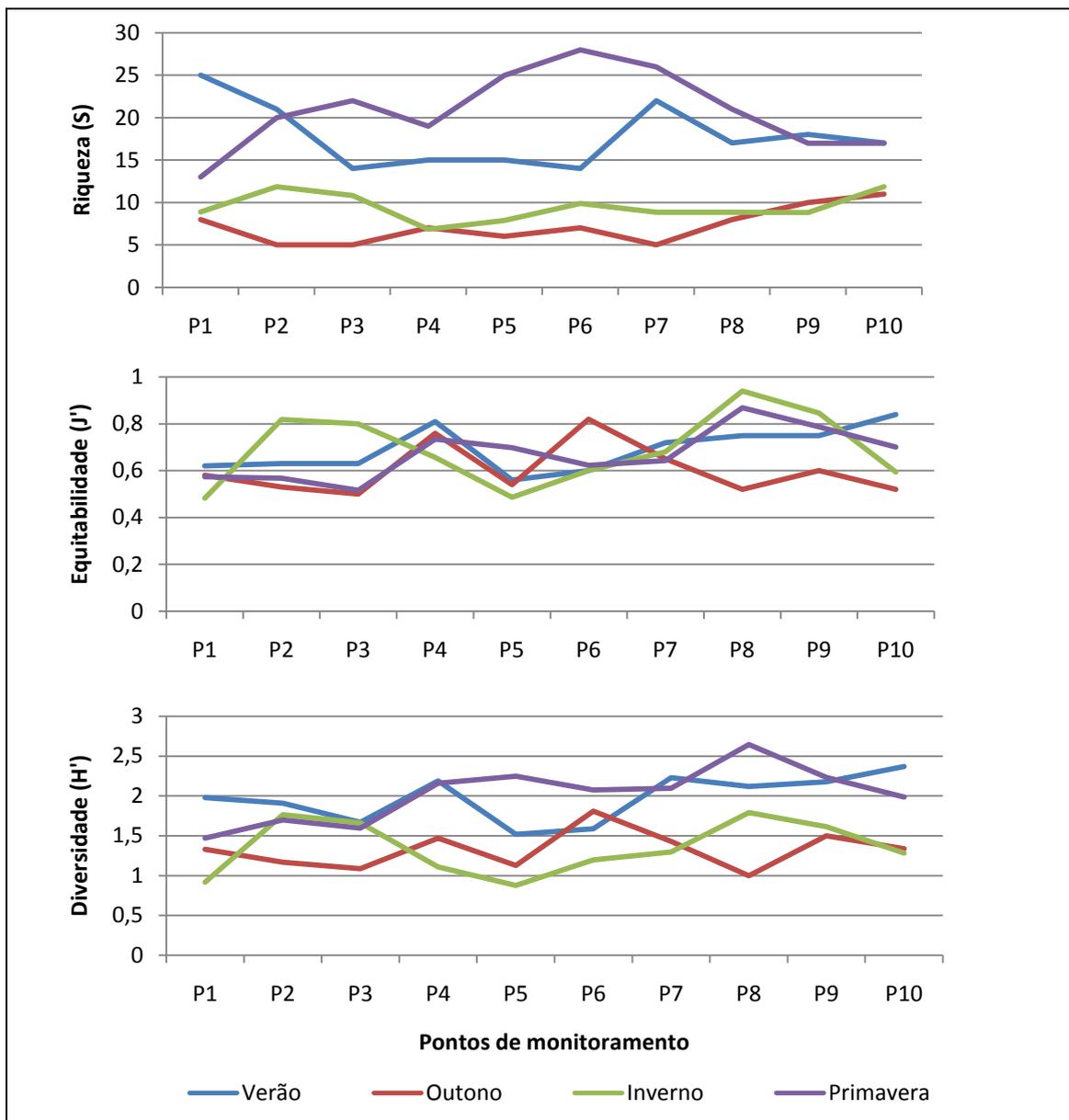
**Figura 2.2.4.5-21-Densidade média dos grupos taxonômicos ao longo das estações do ano em relação aos pontos de monitoramento**

A densidade total dos grupos taxonômicos em relação a sazonalidade, indica que no outono, as maiores densidades registradas foram atribuídas ao grupo Copepoda, assim como o pico de densidade apresentado no verão, e em pequena proporção nas estações de inverno e primavera, está relacionada a esta classe (Figura 2.2.4.5-22).



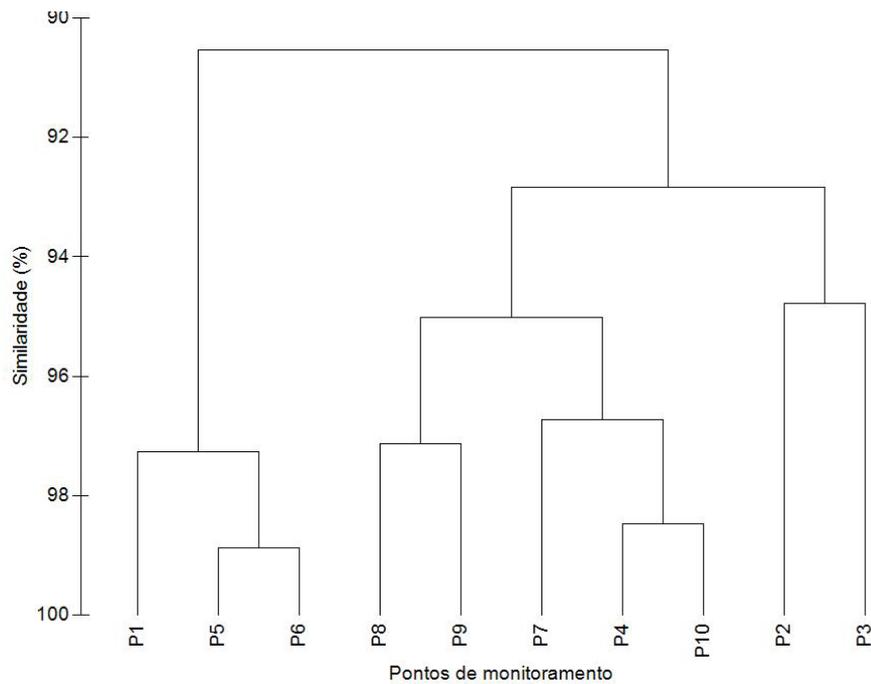
**Figura 2.2.4.5-22**-Densidade total dos grupos taxonômicos ao longo das estações do ano registrados no rio São Mateus.

Os índices ecológicos de cada estação do ano foram analisados estatisticamente. A riqueza dos pontos de monitoramento foi diferente entre as estações do ano ( $p < 0.05$ ), sendo a estação de primavera a que apresentou a maior riqueza, principalmente no ponto P6 ( $S=28$ ). A equitabilidade não apresentou diferenças significativa entre as estações do ano ( $p=0.308$ ) indicando uma ótima distribuição na estrutura da comunidade zooplanctônica. A diferença entre a diversidade entre as estações do ano foi testada de acordo com o teste de *Tukey* ( $p < 0.0001$   $F=15.278$ ), o qual indicou diferenças significativas da diversidade em relação a sazonalidade. A maior diversidade também foi encontrada na estação de primavera, atingindo o pico máximo no ponto P8 ( $H'=2.645$ ).



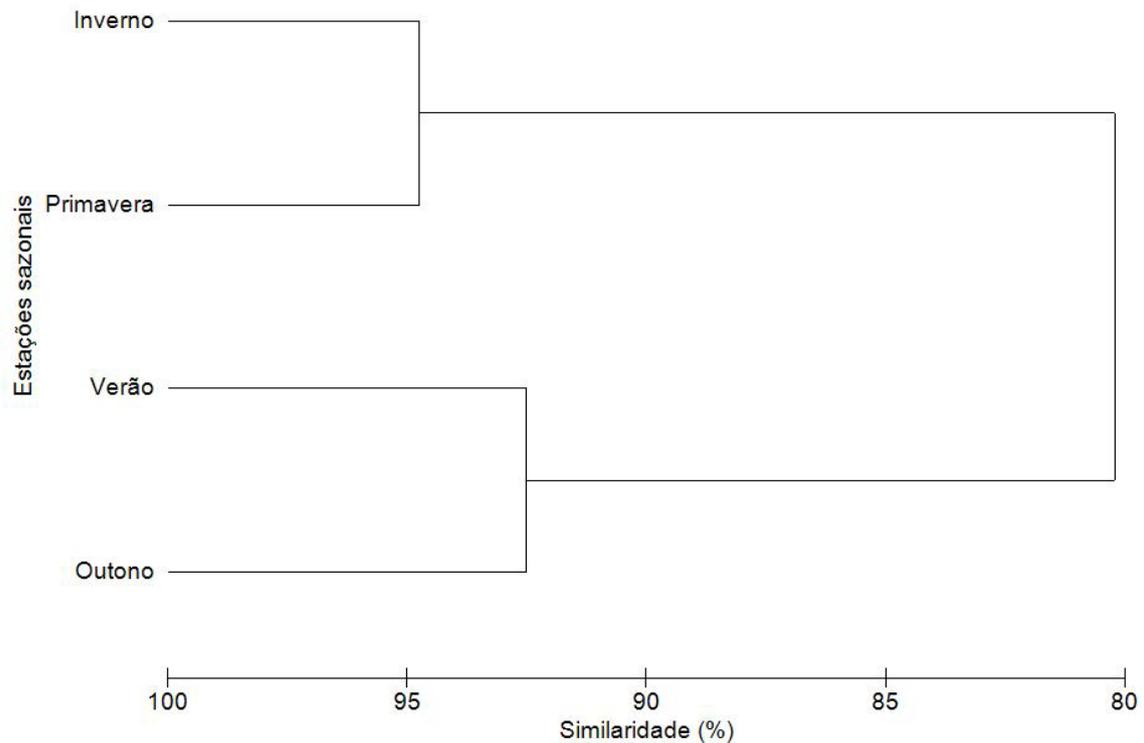
**Figura 2.2.4.5-23-** Índices ecológicos de riqueza (S), Equitabilidade (J') e Diversidade (H') nos pontos de monitoramento do rio São Mateus ao longo das quatro estações.

O cluster formado por média da densidade da comunidade do zooplâncton de cada ponto de monitoramento, em relação a estação do ano indica a formação de dois grupos pela similaridade mínima de 91% (Figura 2.2.4.5-24). Os pontos P1, P5 e P6 foram mais similares entre eles que os pontos P8, P9, P7, P4, P10, P2 e P3. O primeiro grupo apresentou maior similaridade e riqueza quando comparado ao segundo grupo.



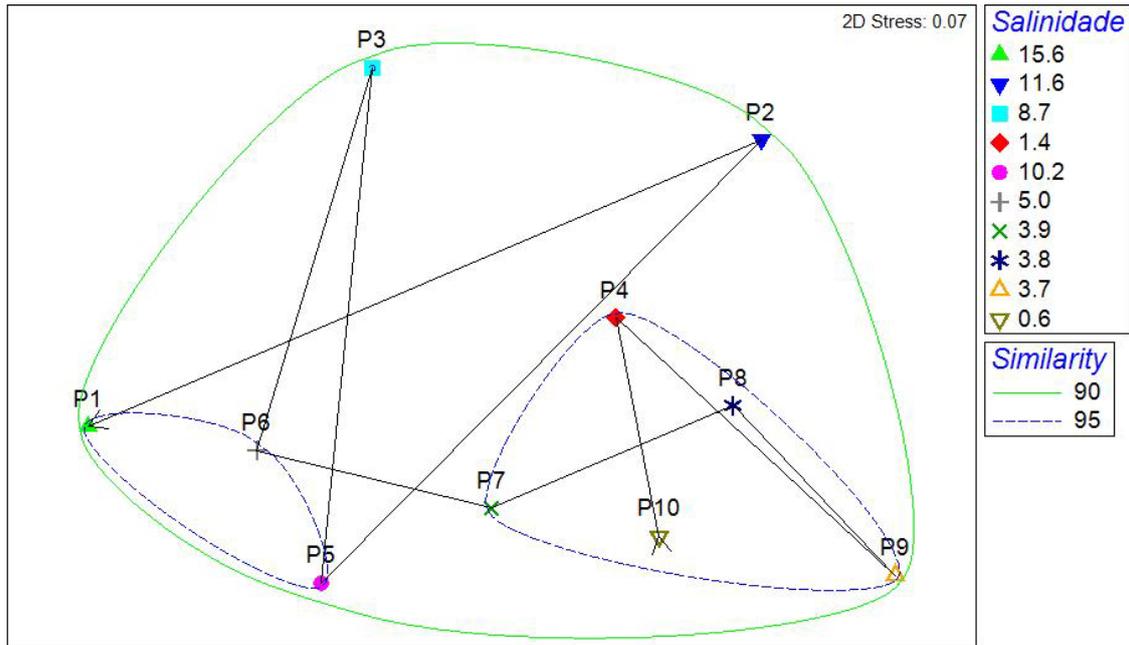
**Figura 2.2.4.5-24**-Análise de similaridade entre a média dos pontos de monitoramento ao longo das quatro estações sazonais amostradas no rio São Mateus.

A análise de similaridade de Bray Curtis demonstrada através do cluster (Figura 2.2.4.5-25) indica uma maior similaridade entre as estações de Inverno e Primavera (95%) que entre as estações de verão e outono, estas últimas com similaridade de 93% entre si.



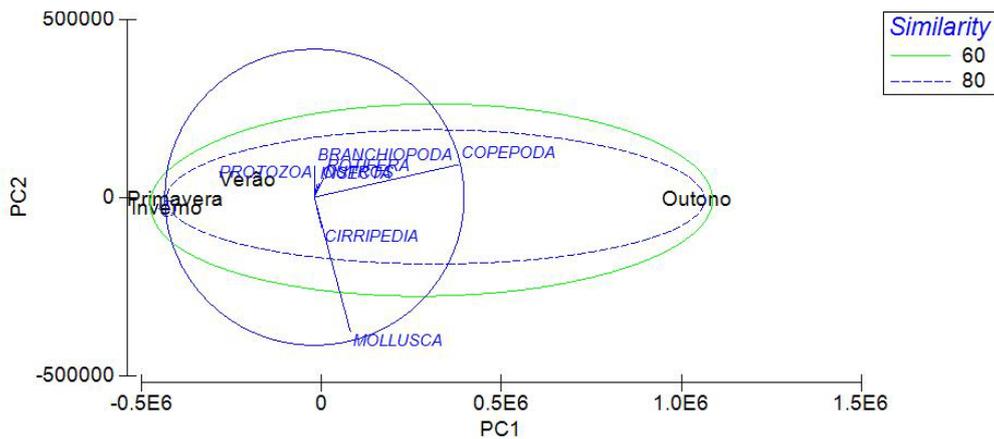
**Figura 2.2.4.5-25-Cluster de similaridade da comunidade do zooplâncton entre as estações sazonais monitoradas no rio São Mateus.**

Uma análise de MDS foi gerada no intuito de descrever espacialmente a comunidade do zooplâncton dos pontos de monitoramento em relação ao fator média da salinidade entre as estações. Uma linha sequencial gerada no PRIMER, indica a relação da distribuição espacial da comunidade em relação a salinidade, assim como visto para a comunidade de fitoplâncton, onde formou um gradiente de dispersão da comunidade em relação a salinidade (**Figura 2.2.4.5-26**).



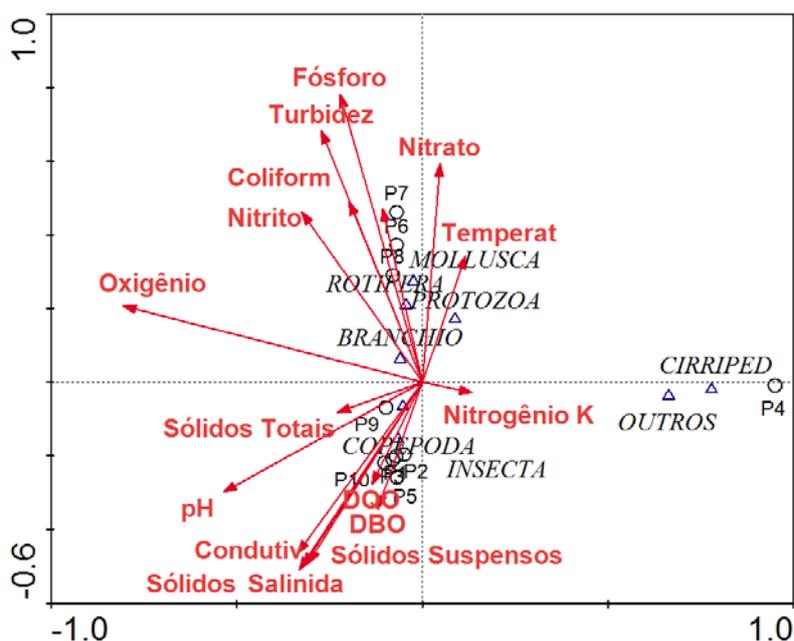
**Figura 2.2.4.5-26**-Análise de MDS com os fatores de estrutura de comunidade do zooplâncton em relação ao fator salinidade, encontrada ao longo dos pontos de monitoramento do rio São Mateus.

A análise de componentes principais (**Figura 2.2.4.5-27**) relacionando a distribuição da densidade dos principais grupos taxonômicos indica uma forte correlação da densidade de Copepoda com a estação de outono, e os outros grupos distribuídos praticamente uniformemente entre as estações de Primavera, inverno e verão.



**Figura 2.2.4.5-27** - Análise de componentes principais entre os pontos de monitoramento do rio São Mateus, com a densidade dos principais grupos taxonômicos do zooplâncton.

A análise de correspondência canônica indicou a relação entre a média sazonal dos fatores físico-químicos com a média sazonal da densidade dos principais grupos zooplancctônicos. O comportamento da distribuição espacial no CCA indica que Os ponto P7, P6 e P8 estão melhor correlacionado estatisticamente com os grupos taxonômicos Mollusca, Rotifera, Protozoa e Branchiopoda, e pelos parâmetros de Fósforo, Turbidez, Nitrato, Coliformes, Nitrito e temperatura, indicando uma relação com estes indicadores de eutrofização orgânica. Os pontos P10, P5, P2, P1, P3 e P9 correlacionaram principalmente com copepodas, estando sob influência dos parâmetros de DQO, DBO, Sólidos suspensos, Salinidade, Sólidos totais, Sólidos sedimentáveis, Condutividade e pH. De acordo com os parâmetros co-relacionados, este último agrupamento é principalmente influenciado pelo fator de maré, ou seja, o grupo mais abundante durante a maioria das estações do ano é influenciado pela maré.



**Figura 2.2.4.5-28-**Análise de correspondência canônica entre a média dos parâmetros físico-químicos com a média da comunidade zooplancctônica em relação as estações amostrais.

O inventário taxonômico dos invertebrados zooplancctônicos na APA de Conceição da Barra apresentou táxons comumente registrados para estuários da costa sudeste brasileira (SCHUTZE & RAMOS, 1987; NOGUEIRA et al., 1989; VALENTIN et al., 1999 apud CEPEMAR, 2005; COELHO- BOTELHO, 1999; BONECKER, 1993; BJÖMBERG, 1981; ARAÚJO & MONTÚ, 1993; MUXAGATA & GLOEDEN, 1995; LOPES et al., 1998). A composição do zooplâncton na APA de Conceição da Barra e seu entorno imediato é similar à encontrada em algumas Unidades de Conservação situadas na faixa marítima e costeira do Espírito Santo (CEPEMAR, 2005). A dominância numérica dos copépodes, que atingiram o equivalente a aproximadamente 71% da densidade total do zooplâncton entre todas as estações do ano, é uma regra geral não só para os estuários brasileiros, mas para a maioria dos ecossistemas estuarinos mundiais (MILLER, 1983; ROCHA, 1986; DAY et al., 1989). A riqueza de espécie encontrada foi intermediária entre ambientes de água doce e marinhos, o que é esperado para

ambientes estuarinos como o da área de estudo. Os maiores valores de riqueza e diversidade foram encontrados na estação de primavera, o que se deve em grande parte à maior presença de espécies marinhas. A densidade da comunidade acompanhou linearmente as estações sazonais, apresentando pico de densidade no outono e tendo uma acentuada queda no inverno, e as maiores densidades foram principalmente representada por Copepodas. Nos ambientes marinhos, a riqueza da comunidade zooplanctônica é superior àquela registrada em ambientes dulcícolas. Na área de estudo, foi registrada uma riqueza de espécie intermediária entre ambientes de água doce e marinho, o que é um resultado esperado, uma vez que a área de estudo é um ambiente estuarino, onde há uma mistura das comunidades de água doce e água salgada. O Rio São Mateus representa o maior volume de água da região e, conseqüentemente, o maior dentro dos limites da APA de Conceição da Barra. Entretanto, este corpo d'água vem sofrendo alterações devido às ações antrópicas, que fazem com que o volume de água doce venha decrescendo nos últimos anos, e com isso a cunha salina do Oceano Atlântico tem penetrado cada vez mais para dentro do rio, chegando até a cidade de São Mateus nos períodos de seca e maré alta. Esse processo modifica a região estuarina, proporcionando a entrada de outras espécies zooplanctônicas mais tolerantes a oscilações de salinidade.

#### **2.2.4.5.2. Macrofauna**

Entre os anos de 2012 e 2013, a comunidade bentônica do rio São Mateus foi amostrada nas estações de verão e outono (2012) e inverno e primavera (2013). Nas quatro campanhas foram obtidos dados referente a estrutura de comunidade como abundância e índices ecológicos de Diversidade, Equitabilidade e Riqueza. A análise consolidada das quatro estações amostradas registrou 1.586 organismos distribuídos em 51 táxons pertencentes a nove grupos taxonômicos de distintos filos: Polychaeta e Oligochaeta (Filo Annelida), Crustacea, Arachnida e Insecta (Filo Arthropoda), Bivalvia e Gastropoda (Filo Mollusca), Turbellaria (Filo Platyhelminthes), nemertea (Filo Nemertea) e nematoda (Filo Nematoda) (**Tabela 2.2.4.5-1**).

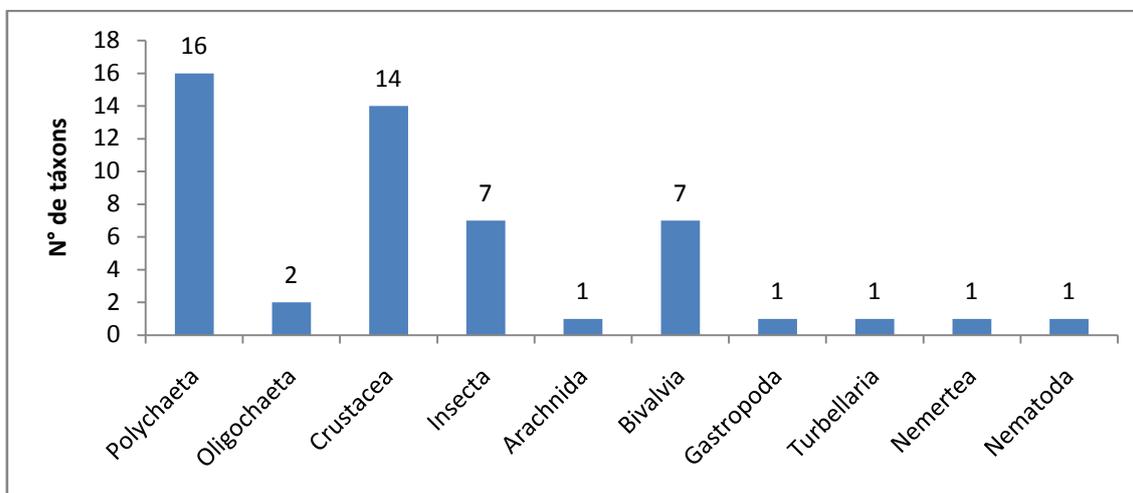
**Tabela 2.2.4.5-1** -lista taxonômica dos táxons encontrados no rio São Mateus durante as quatro estações sazonais, com os valores totais e médios de cada estação.

FILO	GRUPO	TÁXON	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
			Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.
Filo Anellida	POLYCHAETA	<i>Alittasuccinea</i>	-	-	-	-	-	-	18	0.60	0.97	28	0.93	1.55
		<i>Boccardiellasp.</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	5	0.17	0.59
		<i>Capitellacapitata</i>	-	-	-	-	-	-	15	0.50	0.90	21	0.70	1.06
		<i>Glycerasp.</i>	-	-	-	-	-	-	8	0.27	0.64	16	0.53	0.94
		<i>Goniadabrunnea</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	5	0.17	0.46
		<i>Laonereisculveri</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	-	-	-
		<i>Magelonasp.</i>	-	-	-	-	-	-	2	0.07	0.25	24	0.80	1.49
		<i>Mediomastussp.</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	3	0.10	0.55
		<i>Micronephthys minuta</i>	-	-	-	-	-	-	5	0.17	0.46	12	0.40	0.72
		<i>Namalycastissp.</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	14	0.47	0.97
		<i>Parandaliasp.</i>	-	-	-	-	-	-	3	0.10	0.31	-	-	-
		<i>Scolelepissquamata</i>	-	-	-	-	-	-	5	0.17	0.46	-	-	-
		<i>Sigambragrubei</i>	-	-	-	-	-	-	2	0.07	0.25	17	0.57	1.22
		<i>Spiophanessp.</i>	-	-	-	-	-	-	3	0.10	0.40	15	0.50	0.97
		<i>Streblospiobenedicti</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	7	0.23	0.68
		Polychaeta N.id.	18	1.80	2.04	61	6.10	5.30	-	-	-	-	-	-
	OLIGOCHAETA	Tubificidae	20	2.00	4.14	62	6.20	17.53	9	0.30	0.75	17	0.57	1.25
		Naididae	1	0.10	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Filo Arthropoda	CRUSTACEA	<i>Ampeliscasp.</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	-	-	-
		Apseudidae	-	-	-	-	-	-	3	0.10	0.40	7	0.23	0.68
		Arcturidae	-	-	-	-	-	-	2	0.07	0.25	-	-	-
		Caprellidae	-	-	-	-	-	-	3	0.10	0.40	4	0.13	0.43
		Cirolanidae	7	0.70	1.89	-	-	-	6	0.20	0.61	21	0.70	1.24

FILO	GRUPO	TÁXON	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
			Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.
		Cumacea	-	-	-	1	0.10	0.32	-	-	-	-	-	-
		Diastylidae	2	0.20	0.42	-	-	-	1	0.03	0.18	-	-	-
		<i>Kalliapseudessp.</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	-	-	-
		Serolidae	-	-	-	-	-	-	2	0.07	0.37	6	0.20	0.66
		Sphaeromatidae	5	0.50	1.27	-	-	-	5	0.17	0.46	5	0.17	0.46
		Tanaidae	1	0.10	0.32	-	-	-	2	0.07	0.25	6	0.20	0.55
		Isopoda	-	-	-	61	6.10	10.91	-	-	-	-	-	-
		Decapoda	-	-	-	8	0.80	1.14	-	-	-	-	-	-
		Corophiidae	4	0.40	1.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ARACHNIDA	Hydracarina	3	0.30	0.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	INSECTA	Chironomidae	13	1.30	2.31	24	2.40	3.95	32	1.07	1.68	25	0.83	1.62
		Orthocladine	4	0.40	0.97	-	-	-	3	0.10	0.40	2	0.07	0.37
		Tanypodinae	6	0.60	1.07	11	1.10	3.48	-	-	-	-	-	-
		Hidroptilidae	-	-	-	2	0.20	0.63	-	-	-	-	-	-
		Ceratopogonidae	-	-	-	2	0.20	0.63	-	-	-	-	-	-
		Plecoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Trichoptera	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	2	0.07	0.25
Filo Mollusca	BIVALVIA	<i>Erodonamactroides</i>	-	-	-	-	-	-	4	0.13	0.43	4	0.13	0.43
		<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	-	-	-	-	-	-	8	0.27	0.69	9	0.30	0.70
		<i>Macomasp.</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	2	0.07	0.37
		<i>Corbulasp.</i>	-	-	-	-	-	-	2	0.07	0.25	-	-	-
		<i>Mactrotomasp.</i>	-	-	-	-	-	-	2	0.07	0.25	2	0.07	0.25
		<i>Tagelusplebeius</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.18	-	-	-
		Bivalvia N.id.	1	0.10	0.32	18	1.80	2.53	-	-	-	-	-	-
	GASTROPODA	GastropodaN.id.	1	0.10	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FILO	GRUPO	TÁXON	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
			Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.	Total	Média	Desv.Pad.
Filo Platyhelminthes	TURBELLARIA	Turbellaria	113	11.30	28.67	654	65.40	140.21	6	0.20	0.48	5	0.17	0.38
Filo Nemertea	NEMERTEA	Nemertea	9	0.90	1.60	3	0.30	0.67	2	0.07	0.25	2	0.07	0.37
Filo Nematoda	NEMATODA	Nematoda	-	-	-	-	-	-	13	0.43	0.77	8	0.27	0.58

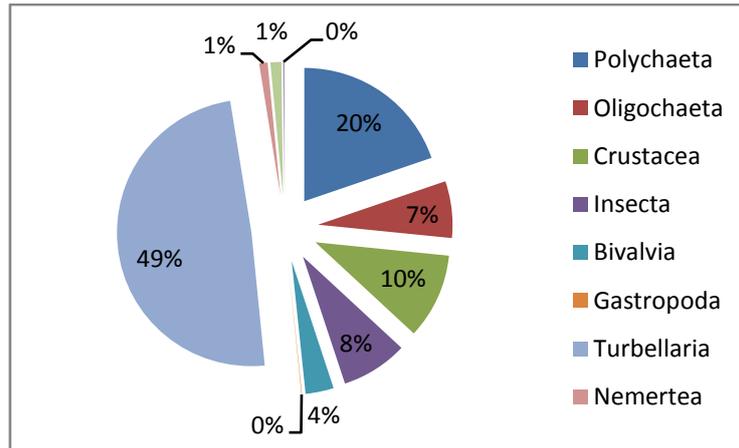
Dentre o número total de táxons, a classe polychaeta foi a que apresentou o maior número (16), seguido de Crustacea (14), Insecta e Bivalvia, ambos com 7 táxons cada e Oligochaeta com 2 táxons. Arachnidae, Gastropoda, Turbellaria, Nemertea e Nematoda apresentaram somente um táxon cada (**Figura 2.2.4.5-29**).



**Figura 2.2.4.5-29** - Número total de táxons dos grandes grupos amostrados durante o monitoramento das quatro estações sazonais do rio São Mateus.

A classe Polychaeta pode ser considerada um dos grupos mais abundantes do oceano, uma vez que são encontrados em todos os ecossistemas bentônicos. Por habitarem as camadas mais superficiais do sedimento participam da movimentação, reciclagem e aeração desses estratos. Possuem grandes variedades morfológicas o que permitem diversos tipos de hábitos alimentares como detritívoros, suspensívoros, filtradores, carnívoros e onívoros (AMARAL & MIGOTTO, 1980). Polychaetas são comumente utilizados como indicadores de poluição uma vez que algumas espécies são muito resistentes à poluição marinha (REISH, 1979).

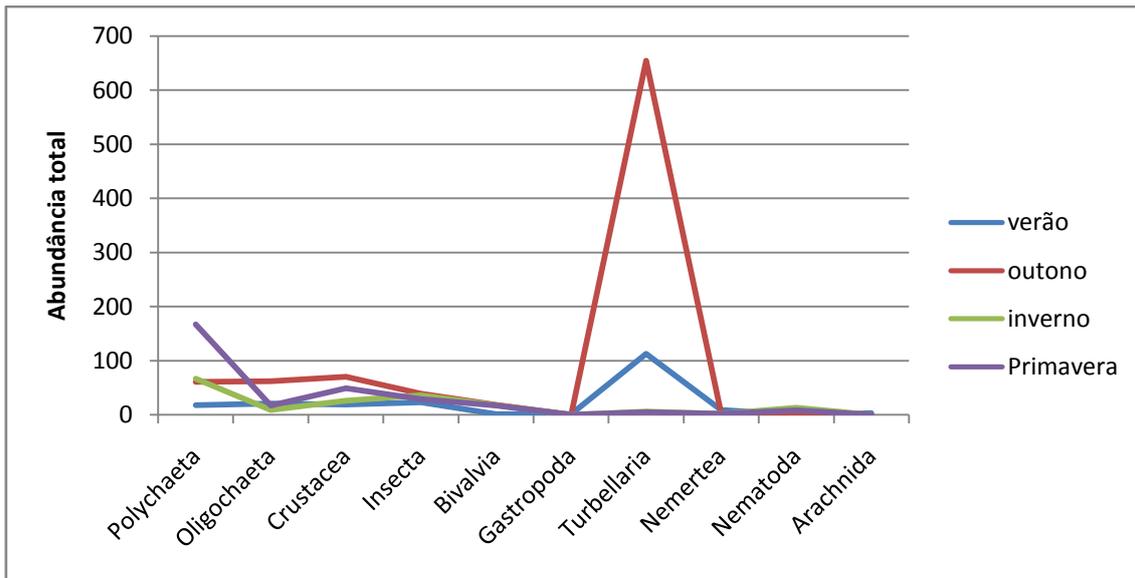
No total, entre todos os pontos de monitoramento em todas as quatro estações amostradas o grupo taxonômico Turbellaria apresentou a maior abundância, representando 49% da abundância total. O segundo grupo mais abundante foi Polychaeta, representando 20% do total da abundância durante todo o monitoramento (**Figura 2.2.4.5-30**).



**Figura 2.2.4.5-30-**Abundância total dos grupos taxonômicos amostrados durante o monitoramento das quatro estações sazonais do rio São Mateus.

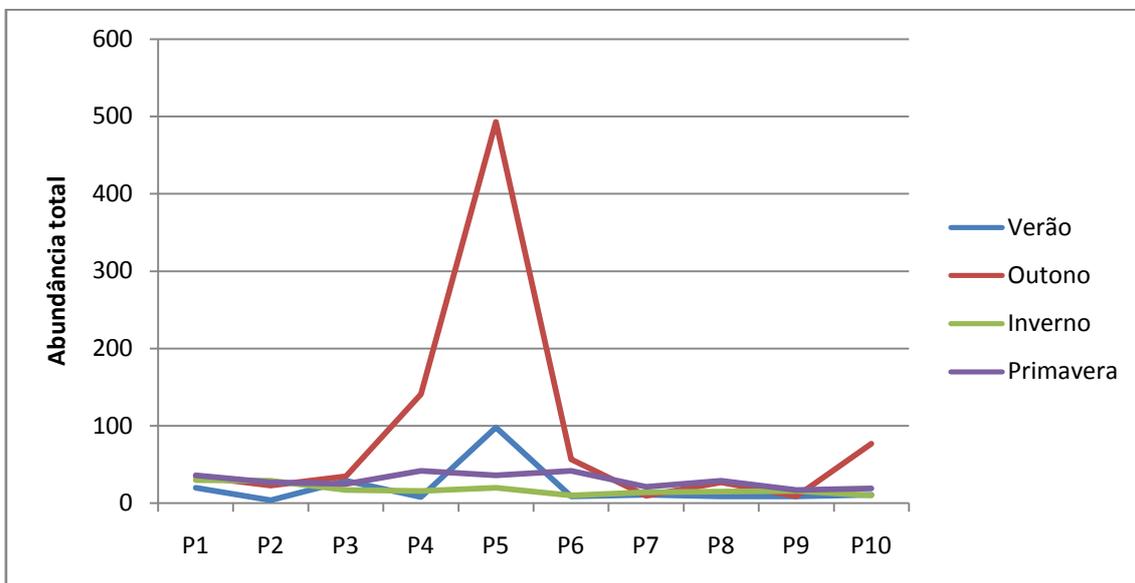
Turbelários são amplamente descritos na costa brasileira, no entanto, estudos mais profundos sobre a ecologia destes organismos frente a diversidades fatorias ambientais são poucos. Alguns turbelários são potenciais bioindicadores de qualidade da água (KOLASA, 2000), todavia pouco se sabe sobre a resistência dos turbelários a poluentes (YOUNG, 2001). Porém, algumas espécies aparentam ser mais resistentes a poluentes que outras (SHWANK, 1982). Grande parte dos turbelários apresenta uma boa capacidade de regeneração, e por apresentarem reprodução assexuada, desenvolvem cadeias de zoóides, tornando-se capazes de colonizar, rapidamente, os ambientes favoráveis (DA VARA *et al.*, 2009). Segundo Longhurst&Pauly (1987), Polychaeta, amostrados neste estudo como o segundo mais abundante, constituem 55% dos organismos das comunidades bentônicas tropicais e compõem a base do fluxo de energia para espécies de peixes demersais. Esses mesmos grupos foram os mais abundantes em estudos similares, em que houveram análise da fauna de regiões próximas a fontes de descarga de efluentes domésticos (COELHO FILHO & FREITAS, 2004; KNOX, & FENWICK, 1981).

A abundância total de cada grupo taxonômico foi estimada através de uma média entre os pontos monitorados de cada estação (**Figura 2.2.4.5-31**). Em geral, as estações apresentaram um evidente padrão de distribuição da abundância dos grupos taxonômicos no entanto, o grupo que apresentou maior abundância foi Turbellaria, principalmente na estação de outono (2012), quando o pico de abundância foi de 654 organismos contabilizados no 10 pontos de amostragem. No verão, ocorreu a mesma dominância de Turbellaria, no entanto de menor magnitude, sendo registrado 113 organismos deste grupo. Nas estações de inverno e primavera, o grupo taxonômico da classe Polychaeta deteve a maior abundância total entre os pontos de monitoramento, apresentando 67 e 167 organismos respectivamente entre as estações.



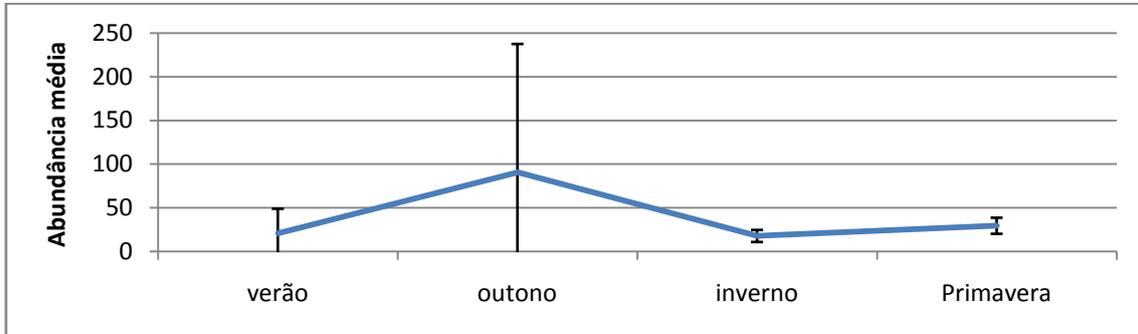
**Figura 2.2.4.5-31-**Abundância total dos grupos taxonômicos em cada estação sazonal amostradas durante o monitoramento do rio São Mateus.

A abundância total dos grupos em cada ponto de monitoramento em relação a estação, indicou a variação ocorrida no gráfico anterior, onde Turbellaria apresentou maior abundância no outono e no verão. Em geral, o ponto de monitoramento P5 apresentou a maior abundância com 647 organismos, seguido do ponto P4 com 207 organismos (**Figura 2.2.4.5-32**).



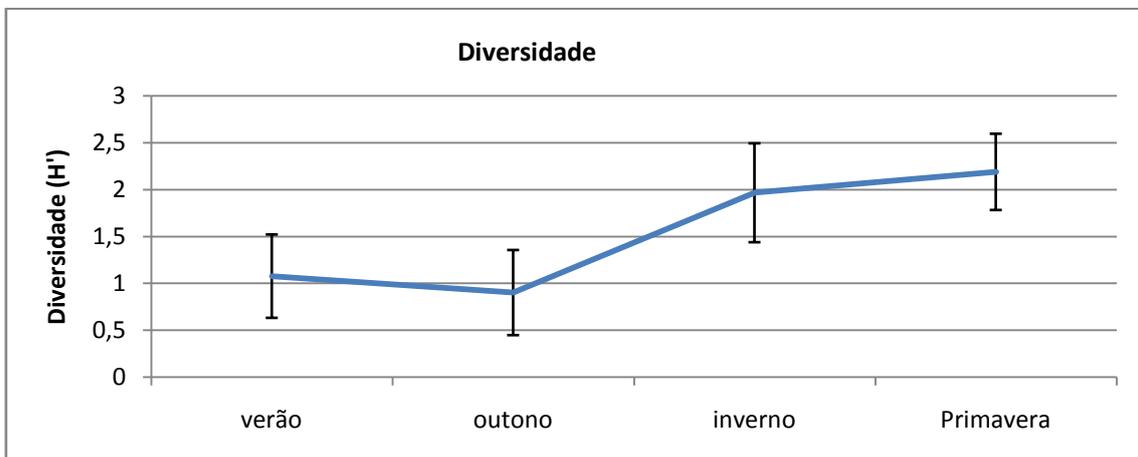
**Figura 2.2.4.5-32-**Abundância total dos organismos bentônicos em cada ponto de monitoramento em relação as quatro estações sazonais amostradas no rio São Mateus.

A estação de outono apresentou a maior abundância total, contabilizando 907 organismos média de  $90.7 \pm 145.7$ , seguido da estação de primavera com 294 organismos ( $29.4 \pm 9.20$ ) e da estação verão com 208 organismos ( $20.8 \pm 28.0$ ). A estação que apresentou menor estação foi inverno com o total de 177 organismos ( $17.7 \pm 6.91$ ) (**Figura 2.2.4.5-3**).



**Figura 2.2.4.5-33**-Abundância média da comunidade bentônica nas quatro estações sazonais amostradas no rio São Mateus.

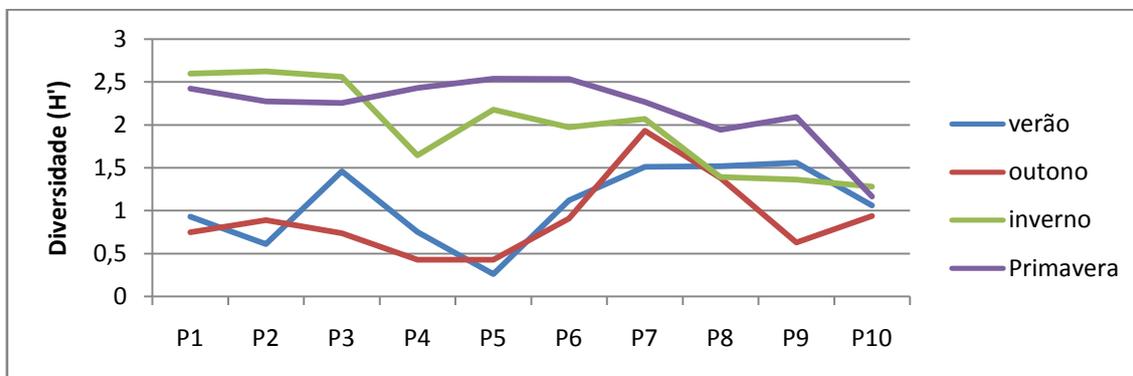
O índice ecológico de diversidade apresentou diferenças significativas dos pontos de monitoramento em relação às estações amostradas. A análise de variância através do teste de *Tukey*, apresentou o  $p < 0.001$  ( $F = 19.273$ ). A maior diversidade média foi encontrada na estação de primavera  $H' = 2.190 \pm 0.406$ , seguida da estação de inverno  $H' = 1.967 \pm 0.527$  e verão  $H' = 1.078 \pm 0.444$ . A estação de outono apresentou a menor diversidade média  $H' = 0.903 \pm 0.454$  (**Figura 2.2.4.5-34**).



**Figura 2.2.4.5-34**-Índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) durante o monitoramento das quatro estações sazonais do rio São Mateus.

A diversidade encontrada nos pontos de monitoramento em cada estação foi diferente como supracitado, apresentando diferentes padrões em relação a estação do ano monitorada (**Figura 2.2.4.5-35**). Na estação de verão o ponto P9 apresentou a maior diversidade ( $H' = 1.56$ ) e o ponto P5 a menor diversidade ( $H' = 0.26$ ). Na estação de outono, a estação P7 foi a que apresentou a maior diversidade ( $H' = 1.93$ ) e as

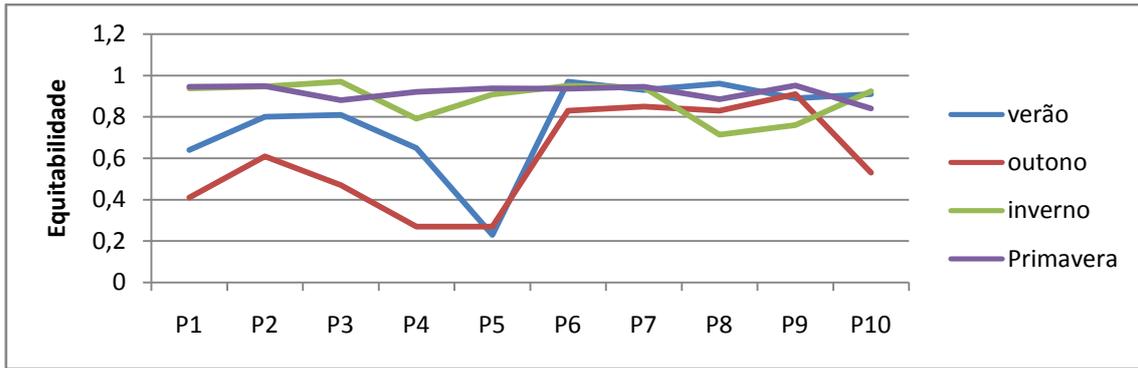
menores diversidades do outono foram registradas nos pontos P4 e P5, ambos com  $H'=0.43$ . No inverno a estação P2 apresentou a maior diversidade ( $H'=2.623$ ) em contrapartida o ponto P10 apresentou a menor diversidade ( $H'=1.28$ ). Na estação de primavera, a estação P5 apresentou maior diversidade ( $H'=2.53$ ), e a menor diversidade no ponto P10 ( $H'=1.16$ ).



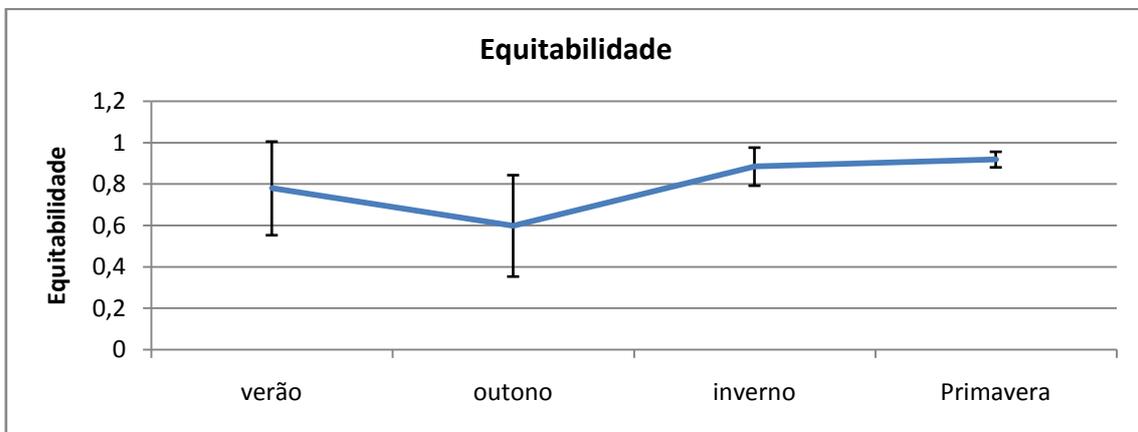
**Figura 2.2.4.5-35**-Índice de Diversidade ( $H'$ ) de cada ponto amostrado durante o monitoramento das quatro estações sazonais do rio São Mateus.

O Índice de Diversidade de Shannon-Weaver apresenta, geralmente, valores entre 0 e 5 bits/indivíduo, sendo os valores acima de 5 bits/indivíduo muito raros (SALAS et al., 2006) e valores superiores a 3 bits/indivíduo são indicativos de maior integridade ambiental (WILHM & DORRIS, 1968). Em ambientes alterados, ou quando a comunidade sofre stress, a diversidade tende a diminuir (ODUM, 1988). Segundo Gray (1974), a diversidade leva em consideração o número de táxons e abundância. Altos valores indicam a ocorrência de vários níveis tróficos e interações biológicas tais como competição, predação, comensalismo e parasitismo. A diversidade de espécies é maior em sedimentos mais heterogêneos, devido à maior disponibilidade de nichos exploráveis (GRAY, 1974; LANA, 1982). Em diversos fundos inconsolidados, por exemplo, podem ocorrer mosaicos de manchas, cada uma delas com uma estrutura característica, que irá refletir a diversidade de organismos e de associações bentônicas (NYBAKKEN, 1997).

A equitabilidade refere-se ao padrão de distribuição de indivíduos entre as espécies, isto é, indica se as diferentes espécies possuem abundância semelhantes ou divergentes, sendo proporcional a diversidade, exceto se houver co-dominância de espécie, o que ocorreu no ponto P5 nas estações de outono e verão, provocada pela dominância de Turbellaria. As estações de inverno e primavera apresentaram maior equitabilidade entre a distribuição das espécies, indicando menor dominância de um só organismo nestas estações (**Figura 2.2.4.5-36e Figura 2.2.4.5-37**).



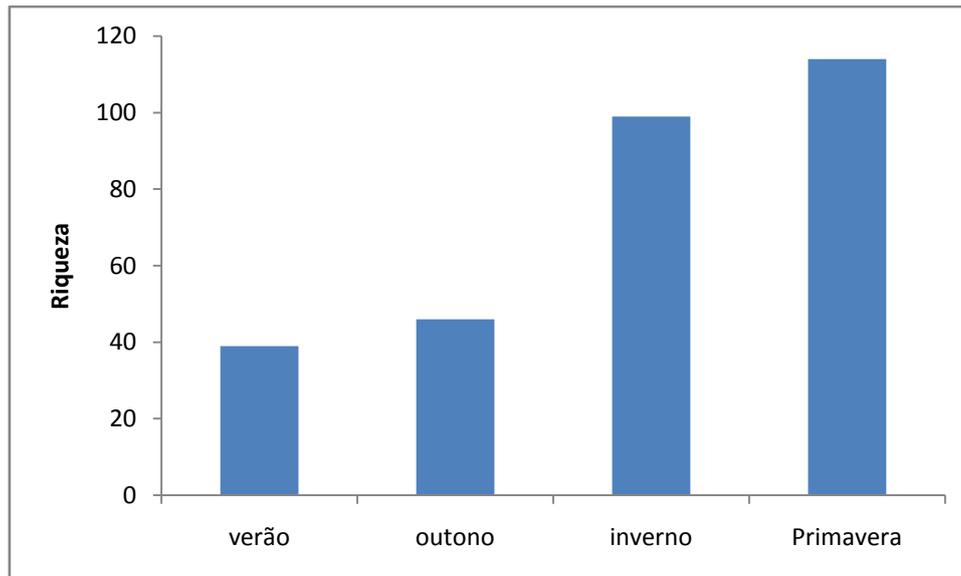
**Figura 2.2.4.5-36-**Equitabilidade (J') de Pielou dos pontos amostrados durante o monitoramento das quatro estações sazonais do rio São Mateus.



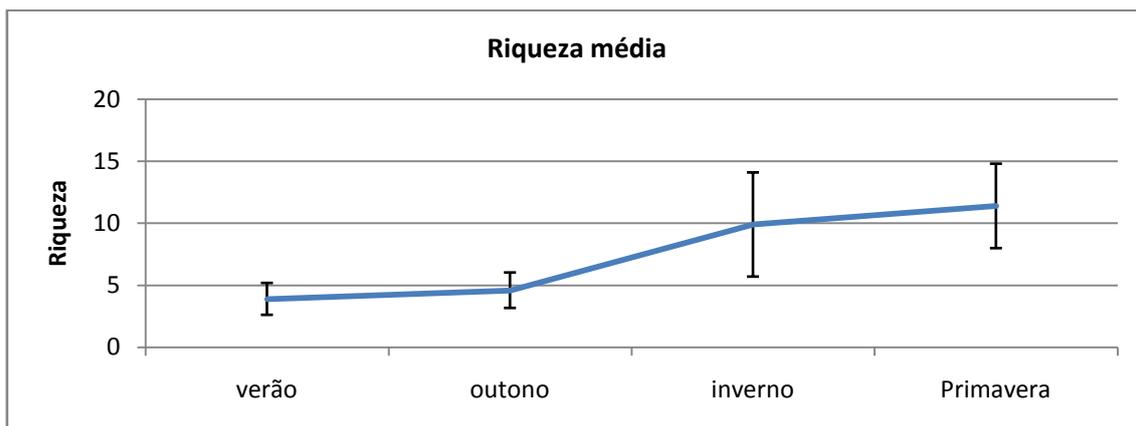
**Figura 2.2.4.5-37-**Equitabilidade média nas estações sazonais amostrados durante o monitoramento das do rio São Mateus.

De acordo com Pearson, & Rosenberg (1978), em locais próximos a fontes de *input* de matéria orgânica os valores de Diversidade e Equitatividade sofrem modificações de acordo com a distância da fonte, tendo valores crescentes e decrescentes respectivamente com o aumento da distância e maior depuração da matéria orgânica.

A riqueza media foi diferente entre os pontos e as estações sazonais ANOVA  $p < 0.05$  (Tukey  $p < 0.01$   $F = 17.126$ ). A riqueza foi maior nas estações de primavera e inverno,  $S = 114$  ( $11.4 \pm 3.405$ ) e  $S = 99$  ( $9.9 \pm 4.201$ ) respectivamente, e menor nas estações de verão  $S = 39$  ( $3.9 \pm 1.29$ ) e outono  $S = 46$  ( $4.6 \pm 1.42$ ) (Figura 2.2.4.5-38 e Figura 2.2.4.5-39).

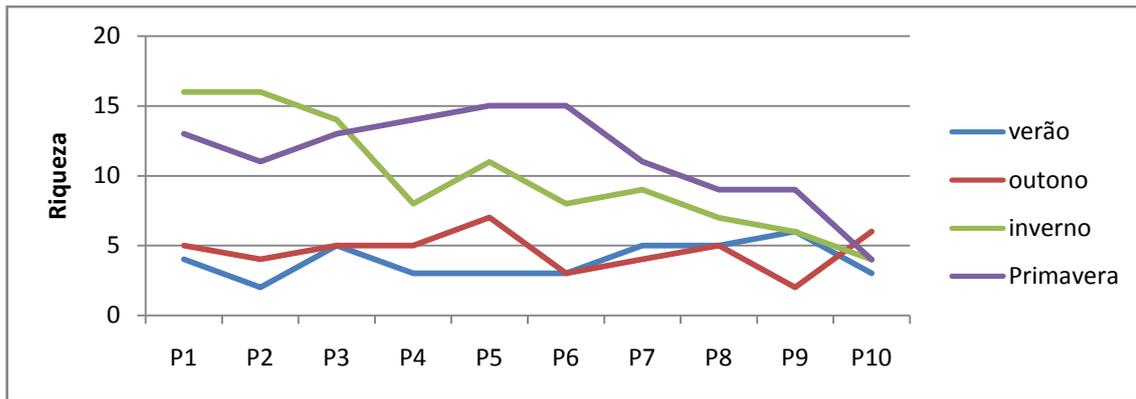


**Figura 2.2.4.5-38-Riqueza encontrada em cada estação sazonal amostrados durante o monitoramento do rio São Mateus.**



**Figura 2.2.4.5-39-Riqueza média das quatro estações sazonais amostrados durante o monitoramento do rio São Mateus.**

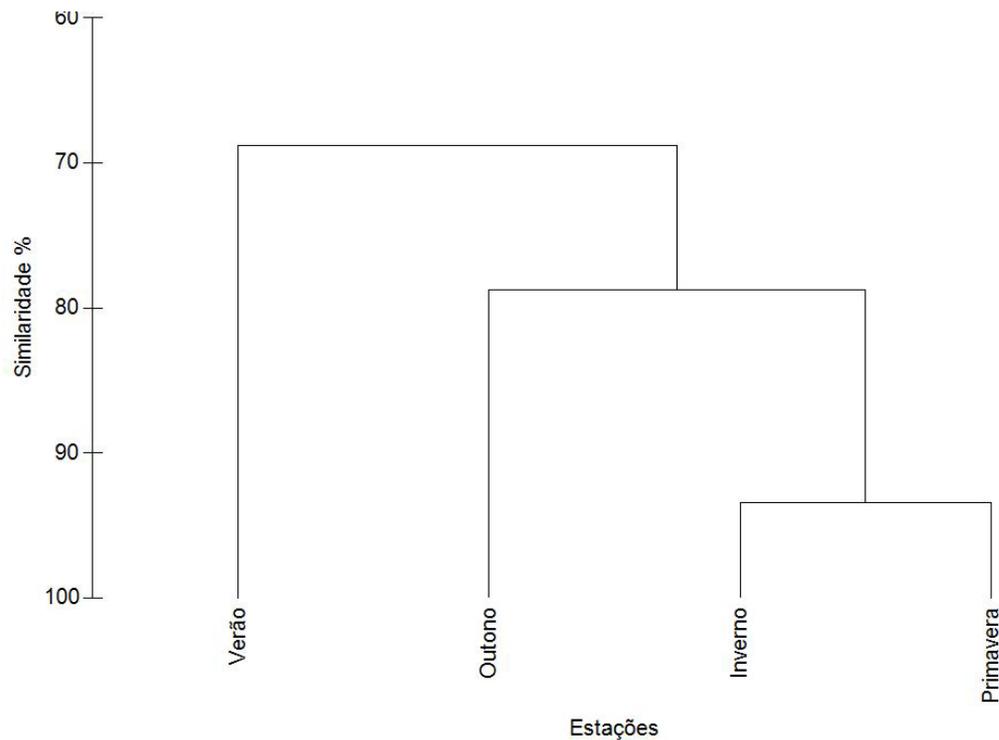
Na primavera os pontos P6 e P5 apresentaram a maior riqueza (S=15), no inverno os pontos P1 e P2 foram os que apresentaram a maior riqueza (S=16). Na estação de verão, o ponto P9 apresentou a maior riqueza (S=6) e na estação de outono o ponto P5 foi o que apresentou a maior riqueza taxonômica (S=7). Nas estações de Primavera e Inverno o ponto P10 apresentou a menor riqueza taxonômica (S= 4), no entanto no outono a menor riqueza foi registrada no ponto P9 (S=2) e no verão a menor riqueza foi encontrada no ponto P2 (S=2) (**Figura 2.2.4.5-40**).



**Figura 2.2.4.5-40-Riqueza taxonômica em cada ponto de monitoramento em relação a estação sazonal o monitoramento do rio São Mateus.**

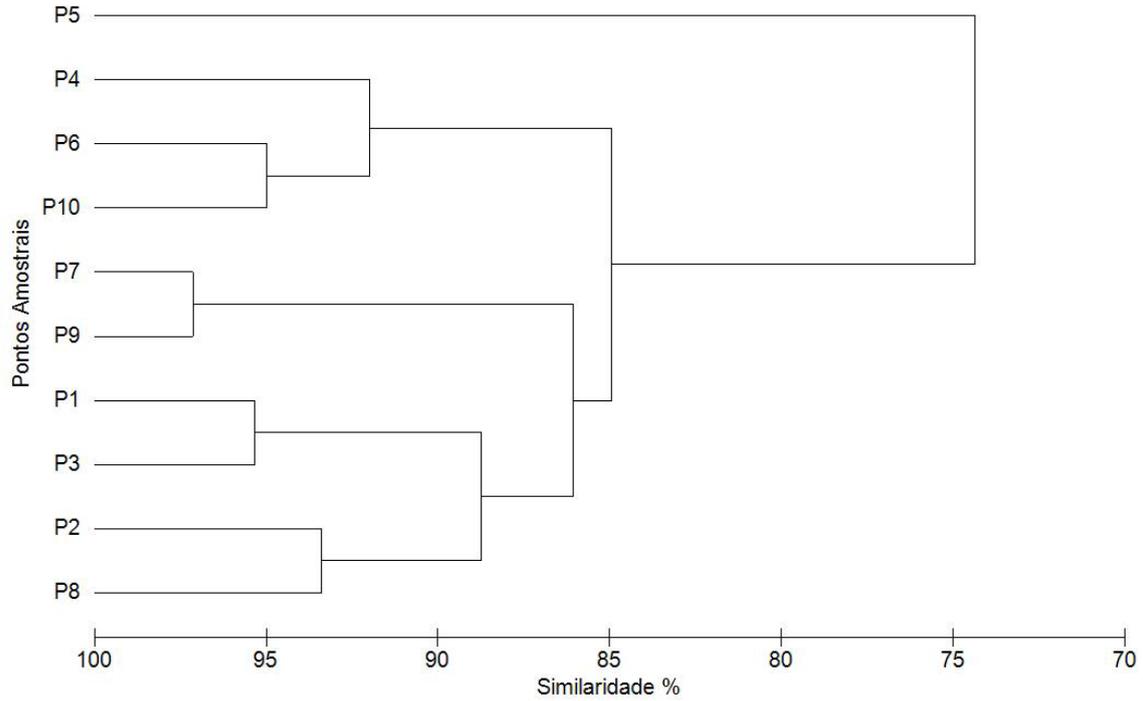
A riqueza e a diversidade estão relacionadas com a heterogeneidade e complexidade de habitats (VINSON & HAWKINS, 1998). Além disso, vários autores constataram a importância dos gradientes salinos na distribuição das espécies de macroinvertebrados (YSEBAERT *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2004; CHAINHO, 2008). Outros autores descrevem que ambientes enriquecidos organicamente apresentam gradientes ambientais sendo diferenciados em normal, transitório e poluídos (PEARSON & ROSENBERG, 1978). Nos pontos de amostragem mais próximos ao mar houve maior riqueza, principalmente de polychaetas. Os pontos mais à montante apresentaram uma riqueza maior de representantes da Classe Insecta, grupo ao qual a salinidade é um fator limitante (SCHLACHER & WOOLDRIDGE, 1996).

A análise de *Bray Curtis* evidenciou através do Cluster de ligação direta as similaridades entre as estações de acordo com a estrutura da comunidade bêntica (**Figura 2.2.4.5-41**). As estações mais similares foram inverno e primavera com até 94% de similaridade, seguido da estação de outono que foi 80% similar as estações de Inverno e primavera. A estação de menor similaridade da comunidade bentônica em relação ao período de amostragem foi o verão, sendo este até 69% similar às outras estações.

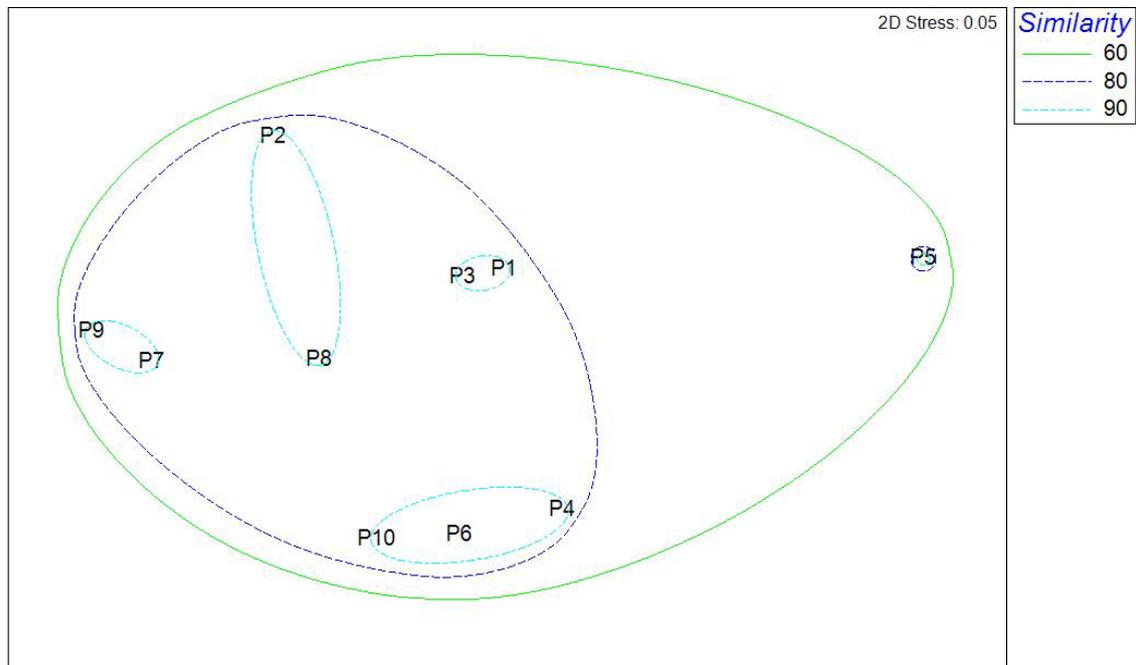


**Figura 2.2.4.5-41**-Cluster formado com a similaridade de Bray Curtis da comunidade bentônica em cada estação sazonal amostradas durante o monitoramento do rio São Mateus.

De acordo com uma média sazonal, pode –se identificar que o ponto P5 é o menos similar aos outros pontos amostrado devido principalmente a abundância de Turbellaria encontrada no outono e no verão. Os outros pontos são em média  $\pm 85\%$  similares, dentre eles agrupam-se por maior similaridade ( $\pm 90\%$ ) os pontos P3 e P1, P2 e P8, P7 e P9, e por fim os pontos P10 P6 e P4 (**Figura 2.2.4.5-42** e **Figura 2.2.4.5-43**).



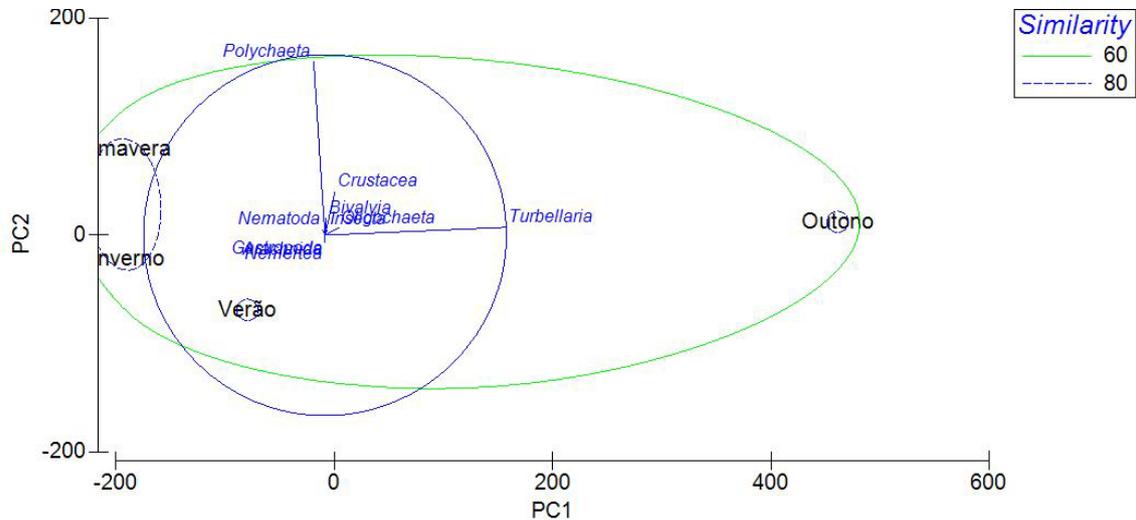
**Figura 2.2.4.5-42**-Cluster evidenciando a similaridade média entre os pontos amostrados durante o monitoramento das quatro estações sazonais do rio São Mateus.



**Figura 2.2.4.5-43**-Gráfico de MDS multidimensional indicando as similaridades entre os pontos amostrados durante o monitoramento das quatro estações sazonais do rio São Mateus.

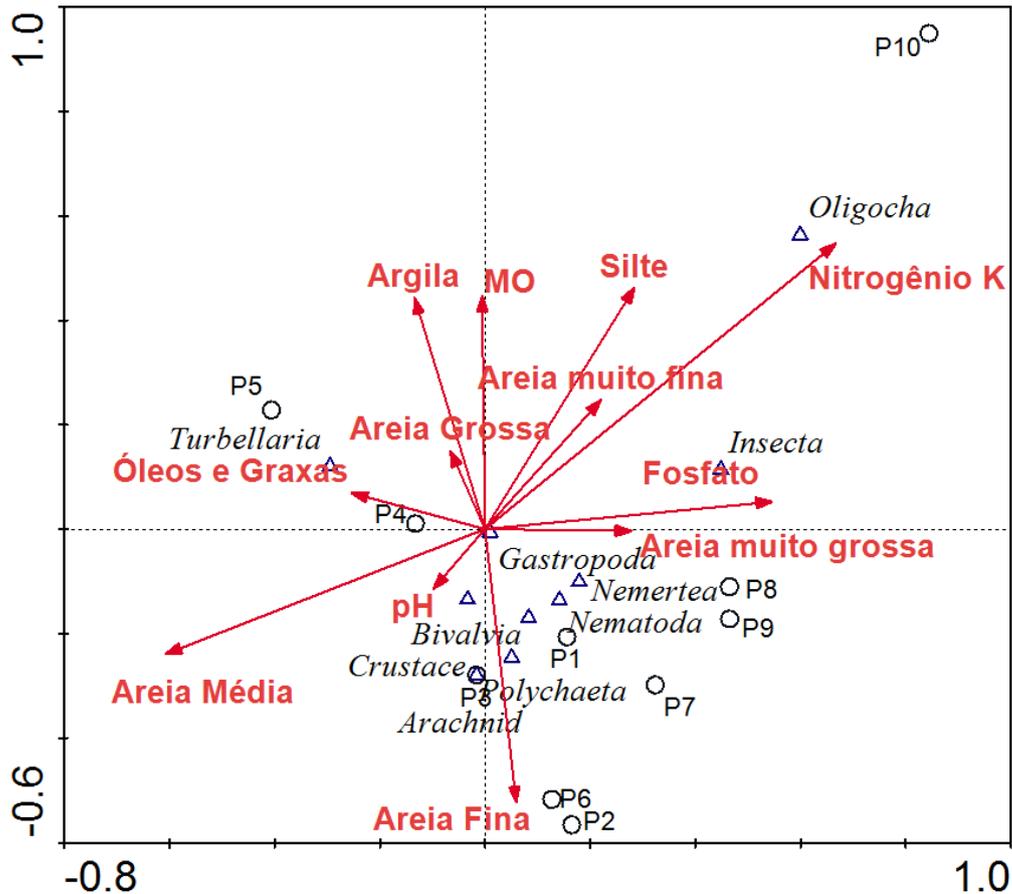
A análise de componentes principais (**Figura 2.2.4.5-44**) corroborou as análises realizadas anteriormente e indicou a afinidade dos grupos taxonômicos com as

respectivas estações de monitoramento, indicando a relação do grupo Turbellaria com a estação de outono e Polychaeta com as estações de primavera e inverno de acordo com a orientação espacial. Em relação a estação de verão, os grupos Nemertea e Gastropoda foram os que caracterizaram a diferenciação desta estação.



**Figura 2.2.4.5-44**-Análise de componentes principais (PCA) correlacionando a estrutura da comunidade através da distribuição dos grupos taxonômicos, com as estações sazonais amostrados no rio São Mateus.

Uma média dos dados ambientais (físico-químico e sedimentologia) ao longo das quatro estações sazonais monitoradas, foi realizada com o intuito de correlacionar com a estrutura da comunidade de acordo com os grupos taxonômicos amostrados, deste modo foi gerado uma análise de correspondência canônica (**Figura 2.2.4.5-45**). A característica mais marcante deste CCA, foi a explicação da baixa diversidade e riqueza no ponto P10, explicada pela maior correlação deste ponto de monitoramento com os níveis de Nitrogênio total K, Fósforo, Matéria orgânica e sedimento de característica mais fina como Silte, indicando um estado de eutrofização orgânica. O táxon mais abundante no presente estudo, Turbellaria, se correlacionou com a disponibilidade de óleos e graxas no ponto P5 e P4.



**Figura 2.2.4.5-45-**Correlação canônica entre os fatores ambientais com a estrutura da comunidade amostrada durante o monitoramento das quatro estações sazonais do rio São Mateus.

### 2.2.4.6. Considerações Finais

A comunidade bentônica do rio São Mateus apresentou padrões estruturais de acordo com a estação sazonal amostrada. A maior diversidade foi encontrada nas estações de primavera e inverno, principalmente nos pontos P5, P6 e P7, e a menor diversidade foi encontrada na estação de outono. O ponto P10 apresentou a menor diversidade, sendo este ponto dominado por organismos da Classe Insecta. O fator salinidade não apresentou correlação com a comunidade bentônica, mas a granulometria e os parâmetros químicos do sedimentos, principalmente os poluentes orgânicos, tiveram relação com a estrutura da comunidade bentônica ao longo dos pontos amostrais. A distribuição da comunidade bentônica é influenciada por diversos fatores tais como distúrbios ambientais, tipo de sedimento e condições hidrodinâmicas (GASTON, 1987) outros autores afirmam que a granulometria do substrato é um dos fatores mais influentes na composição e estrutura das comunidades dos macrobentos (GRAY, 1981; MCLACHLAN E BROWN, 2006), alterando a distribuição e a abundância da fauna de macroinvertebrados bentônicos. No entanto estudos mostram a relação de ambientes eutrofizados como um forte estruturador da comunidade bentônica de sedimento inconsolidado (LECARI et al, 2002; GERN, 2011).

De acordo com os resultados encontrados nos pontos amostrados do Rio São Mateus, é possível inferir que a comunidade bentônica dos pontos amostrados é típica

de região estuarina e de sistemas límnicos brasileiro, porém difere-se em relação de uma para outra em termos de abundância e densidade, sendo esta maior na região estuarina. Turbellaria foi o mais representativo na abundância total, dominando nas estações de outono e verão. O estudo não identificou nenhum táxon listado na lista vermelha da IUCN, inferindo que esta área não se enquadra e nem se configura como uma área sensível, sendo a estrutura destas comunidades característica da região, com espécies comuns e frequentemente registradas em estudos da comunidade bentônica da região sudeste brasileira. A análise temporal envolvendo as 4 estações sazonais é suficiente para amostrar a variação média desta da comunidade, e estes resultados são de suma importância e servem como ferramenta de gerenciamento ambiental desta região. É imprescindível a publicação destes resultados, e torná-los público para a pesquisa comparativa ao longo do tempo, aprimorando desta forma o conhecimento sobre a diversidade local da comunidade bentônica do rio São Mateus.