



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS**  
**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**LARISSA REGIS DE SOUZA**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO DO CABELO, COMO SUBSÍDIO  
PARA A SUA RECUPERAÇÃO.**

**JOÃO PESSOA-PB**

**2016**

**LARISSA REGIS DE SOUZA**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO DO CABELO, COMO SUBSÍDIO  
PARA A SUA RECUPERAÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciências Biológicas do campus V da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**Área de concentração:** Limnologia

**Orientador :** Prof. Dr.Cleber Ibraim Salimon

**Coorientadora:** Prof. Dr. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

**JOÃO PESSOA-PB**

**2016**

S729a Souza, Larissa Regis de  
Análise da qualidade de água do rio cabelo, como subsídio  
para a sua recuperação [manuscrito] / Larissa Regis de Souza. -  
2016.  
67 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências  
Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de  
Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Cleber Ibraim Salimon, Departamento  
de Biologia".

"Co-Orientação: Profa. Dra. Maria Cristina Basílio Crispim  
da Silva

1. Monitoramento ambiental. 2. Rio. 3. Poluição. I. Título.

21. ed. CDD 628.168.68

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO DO CABELO, COMO SUBSÍDIO  
PARA A SUA RECUPERAÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciências Biológicas do campus V da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**Área de concentração:** Limnologia

**Orientador :** Prof. Dr. Cleber Ibraim Salimon

**Coorientadora:** Prof. Dr. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

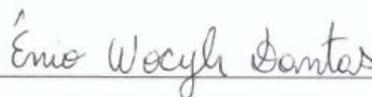
Aprovada em: 24/05/2016.

BANCA EXAMINADORA



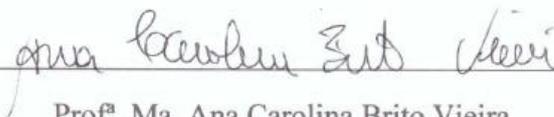
Prof.<sup>o</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Cleber Ibraim Salimon (Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof.<sup>a</sup>. Ma. Ana Carolina Brito Vieira

Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

***DEDICATÓRIA:***

À minha Avó materna ( in memoriam):

**Severina Maria Regis**

À minha mãe, **Sandra Regis;**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que nunca me abandonou, amparando-me e dando motivos para que eu possa seguir adiante, fazendo-me acreditar no seu propósito em minha vida.

À minha mãe, Sandra Maria, pelo exemplo de pessoa, pela coragem de batalhar todo dia, por saber que nada seria em vão.

À minha irmã Laíza Regis, por está sempre do meu lado, a todo momento, não me deixando desanimar

Ao Meu pai José Hilton, por ser um pai carinhoso e por me fazer sentir segura nos momentos de aflição.

À Professora Cristina Crispim, por todo o apoio, por ter me aceitado no laboratório de ecologia aquática da UFPB, confiado em mim, ensinando-me a ser um ser humano melhor, com seu jeito simples e carismático, serei eternamente grata.

Ao meu Orientador Cleber Salimon, pela paciência, atenção, por despertar sempre o melhor em mim, como aluna, e me incentivar a buscar cada vez mais meus objetivos.

À Minha grande amiga Flávia Martins, que é a quem tenho um carinho enorme, pelos conselhos, e por cada palavra, sempre a guardarei em meu coração.

Às Minhas amigas da graduação Mayara Lino, que está comigo desde o primeiro período, chorando e sorrindo juntas, sempre seremos “a dupla Cris e Greg”, e a Vivianne Evellyn por todo apoio e companheirismo.

Aos meus amigos Karina Thomé, Rayanne Valeska e Alisson Bruno pelo incentivo nos momentos difíceis e pelos momentos de descontração.

A meu cunhado Ricardson Dias por nunca me deixar de lado, por ser um grande amigo e segundo irmão em minha vida

Aos meus amigos do laboratório: Carol Brito ,Randolpho Marinho, Fabiana Marinho, Amanda Gondim, Paula Raíza e Lucas Fernandes pela preocupação, pelas palavras de conforto. Por terem me proporcionado momentos maravilhosos, e por me ajudarem nos momentos de dúvida.

A todos os professores da graduação, em especial, Ênio Wocyli , Daniela Pontes e Marcos Gerônimo, no qual tenho grande carinho e admiração, nos momentos do sufoco ao longo dos quatro anos de curso, sempre me ajudavam com palavras, para meu direcionamento profissional que levarei para toda a minha vida com muito carinho.

A todos que fazem o Laboratório de ecologia aquática da UFPB e a meus amigos que torceram e torcem por mim...Obrigada!

## RESUMO

Os Rios urbanos são os que mais sofrem com a ação antropica, como consequência da urbanização. O Rio do Cabelo está localizado na cidade de João Pessoa e vem sofrendo com a falta de saneamento básico e destino inadequado de resíduos domésticos, o que leva o aumento de matéria orgânica, materiais tóxicos e metais pesados de difícil degradação, comprometendo a biota aquática e a saúde da população ribeirinha. Este trabalho faz parte de um projeto do PRODEMA-UFPB e tem como principal objetivo a sua caracterização física, química e biológica antes da inserção do sistema de tratamento. Foram selecionados seis pontos de coleta, desde a nascente até à sua foz no Oceano Atlântico, entre a praia do Seixas e a praia da Penha. Sendo medidos variáveis como: pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura, clorofila-*a*, nutrientes nitrogenados: amônia, nitrito e nitrato, e os fosfatados: ortofosfato e fósforo total. As variáveis bióticas analisadas foram: comunidades de fitoplâncton e zooplâncton (análises qualitativas e quantitativas). Para as análises do grau trófico foram realizadas as medidas do índice de estado trófico (IET). Em relação as análises de biodiversidade foram calculados os índices de Shannon ( $H'$ ) para as variáveis bióticas. Os menores valores de oxigênio dissolvido, elevada condutividade elétrica, elevados valores de clorofila-*a* e as maiores concentrações de nutrientes foram obtidos nos pontos aonde descarga orgânica era maior, sendo estes no primeiro ponto (P1). A maior abundância de espécies de fitoplâncton e zooplâncton foram encontradas nos locais com maiores concentrações de nutrientes. As Cyanophyceae foi o grupo de fitoplâncton mais abundante, com a espécie *Spirulina laxissima* como a mais representativa. Em relação ao zooplâncton, os protozoários foram os mais abundantes. O grupo das Bacylariophyceae foi o mais diverso, principalmente nos pontos P4 e P5 com relação ao fitoplâncton. E o filo Rotifera foi o mais diverso a partir do ponto P2 em relação ao zooplâncton. Os menores valores de Shannon no P1 para as variáveis bióticas, indicam grande alteração e desequilíbrio deste local. A avaliação de estado trófico pelo IET classifica o ponto P1 como o mais hipereutrófico. Com o distanciamento da fonte poluidora, a qualidade física e química da água vai estabelecendo valores considerados normais para ambientes aquáticos, e assim aumentando a diversidade de espécies. O rio do Cabelo nesta perspectiva necessita de melhorias na qualidade da sua água, para o estabelecimento da dinâmica ecológica e boas condições de salubridade da população ribeirinha, que fazem uso da água.

**Palavras chave:** Monitoramento ambiental. Rio. Poluição.

## ABSTRACT

Urban Rivers are the most affected by the anthropic action as a result of urbanization. Cabelo Creek is located in the city of João Pessoa and has suffered from a lack of basic sanitation and inadequate disposal of household waste, which leads to the increase of organic matter, toxic materials and heavy metals of difficult degradation, affecting aquatic biota and the health of the local population. This work is part of a PRODEMA-UFPB project and aims to characterize its physical, chemical and biological conditions prior to the establishment of a treatment system. Six sampling points were selected from the headwater to its mouth in the Atlantic Ocean. We measured variables such as pH, dissolved oxygen, electric conductivity, temperature, chlorophyll-a, nitrogenous nutrients: ammonia, nitrite and nitrate, and phosphate: orthophosphate and total phosphorus. We identified and counted phytoplankton and zooplankton (qualitative and quantitative analysis). We performed measurements of the trophic state index (ETI). Regarding biodiversity analysis we calculated the Shannon index (H'). The lower dissolved oxygen values, high electrical conductivity, high levels of chlorophyll-a and the highest concentrations of nutrients were observed at points where organic discharge was greater, in the first point (P1). The highest abundance of species of phytoplankton and zooplankton were found in areas with higher nutrient concentrations. The cyanobacteria were most abundant phytoplankton, with *Spirulina laxissima* species as more representative. In relation to zooplankton, protozoa were the most abundant. The group of Bacillariophyceae was the most diverse, especially in points P4 and P5 with regard to phytoplankton. And the phylum Rotifera was the most diverse from the point P2 with respect to zooplankton. The lowest values of Shannon in P1 for both phyto and zooplankton indicate major change and imbalance of this location. The evaluation of trophic status by the EIT classifies the point P1 as the most hypereutrophic. With the distance from the pollution source, the physical and chemical quality of water reach values assumed acceptable (not polluted) for aquatic environments, and thus increasing the diversity of species. Thus, Cabelo Creek needs improvement in its water quality, for the establishment of ecological dynamics and good health conditions of the local population, who makes use of the water.

**Keywords:** Environmental monitoring. River. Pollution

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Inserção da bacia hidrográfica Rio do cabelo, na cidade de João Pessoa, e os seis pontos de coleta.....	28
<b>Figura 2:</b> Primeiro ponto de coleta. (A) Larvas de insetos encontradas na água do rio do cabelo; (B) Extensão do ponto 1 . as margens da criação de animais (C) despejo de esgoto (D) Água do rio utilizada para dessedentação animal.....	29
<b>Figura 3:</b> Criação de animais às margens do rio no ponto P1. (A) Galinha, (B) Cavalo e (C) Porco.....	30
<b>Figura 4:</b> Segundo ponto de coleta (P2). localizado próximo ao campo escola dos escoreitos do Brasil. Local aonde o rio entra em uma área florestada.....	30
<b>Figura 5:</b> Terceiro ponto de coleta (P3) local aonde o rio sai da área florestada (A) Lado direito do rio às margens da estrada (B) Lado esquerdo do rio, às margens da estrada. (C) caminhão pipa removendo a água para irrigação.....	31
<b>Figura 6:</b> Quarto ponto de coleta (P4). Característico pela presença de macrófitas flutuantes e peixes.....	31
<b>Figura 7 :</b> Quinto ponto de coleta (P5). Característico pela presença de macrófitas flutuantes e peixes.....	32
<b>Figura 8:</b> Sexto ponto de coleta, (P6). Localizado no estuário na praia da Penha.....	32
<b>Figura 9 :</b> Distribuição do pH ao longo dos pontos amostrais .....	36
<b>Figura 10:</b> Concentração de íons $H^+$ , ao longo dos pontos amostrais.....	37
<b>Figura 11:</b> Variação média e Desvio Padrão do oxigênio dissolvido (mg/L), nos pontos amostrais, no Rio do Cabelo, ao longo do tempo.....	37
<b>Figura 12:</b> Variação média e Desvio Padrão da condutividade elétrica ( $\mu S/cm$ ) nos pontos amostrais no Rio do Cabelo.....	38
<b>Figura 13:</b> Variação da temperatura ( $^{\circ}C$ ) nos pontos amostrais.....	38

<b>Figura 14:</b> Variação da clorofila ( $\mu\text{g/L}$ ) nos pontos amostrais.....	39
<b>Figura 15:</b> Variação dos nutrientes ( $\text{mg/L}$ ) nos pontos amostrais.....	40
<b>Figura 16 :</b> Abundância ( ind/ml) e diversidade de fitoplâncton no Rio do Cabelo.....	40
<b>Figura 17:</b> (A) Diversidade do fitoplâncton e (B) Abundância do fitoplâncton em ind/ml, por pontos amostrais.....	41
<b>Figura 18:</b> Abundância da espécie <i>Spirulina laxissima</i> (ind/ml), nos pontos amostrais.....	42
<b>Figura 19:</b> Abundância total do zooplâncton no Rio do Cabelo.....	47
<b>Figura 20:</b> (A) Índice de diversidade total do zooplâncton e (B) Abundância do zooplâncton total em ind/L, por pontos amostrais (C) Abundância zooplâncton (Representando a soma das abundâncias de Rotíferos, Cladóceros e Copépodos).....	48
<b>Figura 21:</b> Abundância de protozoários ao longo dos pontos amostrais.....	48
<b>Figura 22:</b> Índice de estado trófico, nos pontos amostrais ao longo do Rio do Cabelo, (Hiper = Hipereutrófico , Super =Supereutrófico , Eutró = Eutrófico , Meso = Mesotrófico , Oligo = Oligotrófico , Ultra=Ultraoligotrófico).....	51
<b>Figura 23:</b> Índice de Diversidade de Shannon, relacionado ao fitoplâncton, nos seis pontos de coleta, distribuído de Jun/15 a Set/15.....	51
<b>Figura 24:</b> Índice de Diversidade de Shannon, relacionado ao zooplâncton, nos seis pontos de coleta, distribuído de Jun/15 a Set/15.....	52

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Coordenadas referentes aos pontos de coleta.....	28
<b>Tabela 2:</b> Variáveis abióticas e suas respectivas metodologias.....	33
<b>Tabela 3:</b> Valor médio e desvio padrão (média± DP) das variáveis ambientais: pH (potencial hidrogeniônico ), OD (Oxigênio Dissolvido – mg/L), CONDUT(Conductividade Elétrica - μS/cm), TEMP (Temperatura - °C), TRANSP (Transparência da água – cm) e CLOROF (Clorofila –a -μg/L).....	36
<b>Tabela 4:</b> Média e desvio padrão (Média ± DP), referente aos nutrientes (mg/L).....	39
<b>Tabela 5:</b> Relação das espécies de Fitoplâncton presentes no Rio do Cabelo.....	42
<b>Tabela 6:</b> Relação dos <i>taxa</i> de zooplâncton presentes no Rio do Cabelo.....	49

## LISTA ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Cm	Centímetros
mg/L	Miligrama por litro
µg/L	Micrograma por litro
µS/L	Microscimens por litro
Ind/ml	Individuo por mililitro
P	Ponto
%	Porcentagem
°C	Graus celsius

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
2.1. Monitoramento da qualidade da água .....	18
2.2. Eutrofização .....	19
2.3. Exploração de rios.....	20
2.4. Indicadores da qualidade da água .....	22
2.4.1. Variáveis físicas e químicas .....	22
2.4.2. Fitoplâncton .....	24
2.4.3. Zooplâncton .....	25
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	27
3.1. Objetivo geral .....	27
3.2. Objetivos específicos .....	27
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	28
4.1. Área de estudo e amostragem .....	28
4.2. Pontos amostrais .....	28
4.3. Variáveis abióticas .....	32
4.4. Variáveis bióticas.....	33
4.4.1. Fitoplâncton.....	33
4.4.2. Zooplâncton.....	34
4.5. Estatísticas e índices .....	34
<b>5. RESULTADOS</b> .....	36
5.1. Variáveis ambientais.....	36
5.1.1. Potencial hidrogeniônico (pH) .....	36
5.1.2. Oxigênio dissolvido (OD) .....	37
5.1.3. Condutividade elétrica.....	37
5.1.4. Temperatura.....	38
5.1.5. Clorofila – <i>a</i> .....	38
5.1.6. Nutrientes .....	39
5.2. Fitoplâncton .....	40
5.3. Zooplâncton .....	47

5.4.	Correlação entre as variáveis .....	50
5.5.	Índice de estado trófico.....	50
5.6.	Índice de Shannon (H').....	51
<b>6.</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>58</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os rios são ecossistemas lóticos, que apresentam fluxo de água contínuo que vai da nascente até a foz, e portanto qualquer alteração ambiental na entrada por alguma fonte poluidora, irá comprometer toda a sua extensão a jusante. Falta de saneamento básico, destino inadequado de resíduos domésticos e industriais são as principais fontes poluidoras dos rios, trazendo consigo grandes concentrações de matéria orgânica, materiais tóxicos, metais pesados de difíceis degradação. Quando a poluição nos corpos hídricos for maior do que a capacidade de metabolização pelos decompositores, tem-se, além da diminuição de habitats e microhabitats, e a eutrofização artificial (SILVEIRA, 2004; MALMQVIST & RUNDLE, 2002; KOBIYAMA et al., 2008; GOULART & CALISTO, 2003).

Doenças relacionadas com a água matam em média 5 milhões de pessoas por ano, sendo a maioria crianças, em todo o mundo (AHUJA, 2013). De acordo com a Organização das Nações Unidas 2,7 bilhões de pessoas enfrentarão a escassez de água a partir de 2025 (ONU, 2015). A água doce disponível ao ser humano compreende apenas 3% do total de água do planeta, sendo deste, apenas 0,06% acessível ao consumo, neste contexto entenda-se que a água é um recurso escasso, sendo de grande importância para a manutenção da qualidade de vida da população. A água potável vem em grande parte dos rios, lagos, poços e nascentes naturais, dos quais, a grande maioria encontra-se poluída. Apenas 20% da água residual mundial é tratada, gerando assim danos ao ecossistema e biodiversidade pela contaminação da água e a falta de tratamento, que prejudicam a saúde, as atividades econômicas e a segurança desse recurso natural.

A eutrofização artificial é ocasionada pelo aumento de nutrientes essenciais na água, principalmente os nitrogenados (amônia, nitrito, nitrato) e fosfatados (fósforo total e ortofosfato) que são de grande importância para a cadeia alimentar. Quando descarregados em altas concentrações, provindos de atividades antrópicas, geram alterações no corpo hídrico, como o aumento da turbidez da água, capaz de impedir que organismo produzam o oxigênio resultante da fotossíntese, necessário para manter o equilíbrio do corpo hídrico. A diminuição do oxigênio dissolvido em consequência da poluição, pode ocasionar a ausência de espécies, principalmente as de vertebrados, como os peixes. O excesso de nutrientes causa o crescimento excessivo de macrófitas flutuantes, floração de algas potencialmente tóxicas e levar à morte de peixes e animais essenciais à biota aquática, o que torna cada vez mais

necessário o controle das fontes poluidoras e a realização de medidas para a melhoria da qualidade de água (BARRETO et al., 2013).

Conhecer a qualidade da água é de extrema importância para a gestão dos recursos hídricos. Dessa forma antes que sejam tomadas medidas de recuperação dos corpos hídricos faz-se necessário o monitoramento ambiental do ecossistema, para se avaliar o efeito do tratamento. Parâmetros físicos (temperatura, condutividade, transparência) e químicos (pH, oxigênio dissolvido e nutrientes), além de análise de coliformes termotolerantes são de grande colaboração para o monitoramento da qualidade da água, porém não são suficientes, pois as mudanças nos corpos hídricos ocorrem de forma muito rápida, não conseguindo ser estimada a longo prazo por essas variáveis, de modo a integrar importantes aspectos ambientais por tais variáveis. Desse modo faz-se necessário também um monitoramento biológico, com organismos que por meio de suas características apresentem respostas às alterações no corpo hídrico, (LI, 2010). Tais organismos biológicos podem ser representados pelo fitoplâncton e zooplâncton.

Um dos mecanismos naturais que melhoram o equilíbrio do corpo hídrico é a auto depuração, no qual as cargas poluidoras são neutralizadas com a sedimentação, diluição e estabilização química ao longo do curso dos rios, a decomposição da matéria orgânica por meio dos decompositores é um dos principais. Em rios a dispersão de poluentes é maior devido a movimentação da água (NUNES, 2008).

Os rios e córregos estão entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo, e sua localização nos grandes centros urbanos agrava esta situação. As fontes de poluição chegam ao rio tanto pelo contato do rio com o esgoto, como pelo carregamento do lixo e nutrientes por meio da chuva, formando os esgotos pluviais que possuem alta carga de efluente poluidores (KOBAYAMA et al., 2008).

O local de estudo do presente trabalho é o Rio do Cabelo localizado na cidade de João Pessoa e vem sofrendo com o crescimento demográfico, como consequência da urbanização, o que tem comprometido este ecossistema aquático e toda sua estrutura física, química e biológica. Tem grande importância para fins de recreação, dessedentação animal, irrigação e uso doméstico, porém a ocupação de espaços por moradias próximos ao rio e diluição das cargas de efluentes domésticos e industriais, estão causando a perda da qualidade de água do mesmo (FARIAS, 2006).

Para que seja realizada a biorremediação, faz-se necessário o entendimento do ecossistema por meio de um monitoramento prévio, que visa analisar as condições do rio, para que assim possam ser avaliadas as alterações após a inserção do sistema de biotratamento.

Espera-se que a concentração de nutrientes e portanto a alta produtividade sejam maiores em pontos que recebem mais descargas orgânicas, assim como também é esperado maior abundância de fitoplâncton nestes locais. A maior diversidade de espécies tanto pertencentes ao zooplâncton como ao fitoplâncton deverá ser encontrada em pontos menos eutrofizados.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Monitoramento da qualidade da água**

O monitoramento é a atividade que visa acompanhar determinada característica de um sistema associado a um objetivo. Ações naturais, como lixiviação terrestre, escoamento hídrico e ações antropogênicas, como a urbanização e a concentração demográfica nos grandes centros urbanos têm ocasionado as mudanças químicas, físicas e biológicas da água, assim contribuindo para a deteriorização de sua qualidade. A partir da necessidade de estabelecer um equilíbrio sustentável entre o desenvolvimento econômico, demográfico e a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, são de grande importância, programas de monitoramento hídrico que sejam capazes de fornecer as informações sobre os corpos de água e que sirvam de subsídio para avaliar as condições destes e as medidas de gerenciamento de tais recursos (ANA, 2015)

Os corpos de água são utilizados para diversos fins, tais como para o abastecimento e irrigação de lavouras. A perda da qualidade da água afeta os ciclos hidrológicos e biogeoquímicos interferindo no funcionamento ambiental. Uma das principais contribuições para a contaminação da água é a ocupação de espaços por moradias, sem que haja um adequado planejamento visando ao equilíbrio entre o meio ambiente e a sua utilização, e a poluição pelo setor industrial (DILLENBURG, 2007). Desta forma, surge a necessidade de entender a qualidade da água, como uma questão primordial para se tomar as devidas providências para a recuperação dos corpos hídricos, então o monitoramento é importante não apenas para a predição da qualidade de água, mas também para a elaboração de gestões de recursos para a obtenção da qualidade dos corpos hídricos, em especial, da qualidade dos rios (LI, 2010).

Para identificar o nível de comprometimento da biota aquática, bem como a avaliação da degradação ambiental, os programas de biomonitoramento são os mais indicados (CALLISTO et al., 2005). O biomonitoramento faz o uso sistemático de respostas dos organismos vivos relacionadas com as mudanças ambientais, sendo possível observar o impacto aos ecossistemas, ao longo de um período, possibilitando por meio destes sistemas planejar formas de controle e monitoramento da recuperação da normalidade do ecossistema, (LI, 2010).

Os sistemas biológicos são os bioindicadores e são formados por organismos, populações e comunidades e são capazes de indicar o efeito de ações antropogênicas sobre os fatores ambientais. A indicação de fatores ambientais através de sistemas biológicos é chamada frequentemente de bioindicação. Os Bioindicadores podem ser usados para detectar alterações ambientais provocadas pelas atividades humanas, as quais podem ser perigosas para o próprio homem. Caso o bioindicador reaja modificando seu comportamento de forma significativa em relação ao comportamento normal ele é um bioindicador sensível, porém, caso ele acumule influências antrópicas, sem mostrar nenhum dano em um curto tempo, é chamado de bioindicador acumulativo. Os Bioindicadores conseguem responder aos problemas ambientais, antes mesmo da percepção do homem sobre tais indicações, dessa forma, permitem que se identifiquem as causas e efeitos entre os agentes estressores e as resposta biológicas (MATSUMURA, 2000)

## **2.2. Eutrofização**

A Eutrofização é o aumento da quantidade de nutrientes na água, principalmente de fósforo e nitrogênio, ocasionados pelo aumento da matéria orgânica. O aumento da matéria orgânica leva também ao aumento da turbidez da água, dificultando a passagem de luz, o que é vital para a fotossíntese, tanto do fitoplâncton como da vegetação submersa, levando assim à diminuição do oxigênio dissolvido na água (BARRETO et al., 2013).

Podem-se destacar dois tipos de eutrofização, a natural, e a artificial. A eutrofização natural é um processo lento pelo qual ocorre a translocação natural da matéria orgânica para dentro do ecossistema, pelos rios de bacias de drenagem e também o escoamento superficial acontecendo a todo instante nos corpos de água (ESTEVES, 1998).

A Eutrofização Artificial é causada por fatores antropogênicos, como a contaminação de rios, lagos e mananciais, por fertilizantes, efluentes industriais, pesticidas, químicos em geral, efluentes de indústrias de conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, e de esgotos domésticos em consequências do crescimento populacional, (BARRETO et al., 2013). Esta eutrofização é considerada hoje como um dos principais problemas frente às águas superficiais, causando perturbações na cadeia alimentar pela morte de peixes e mudanças na função e estrutura dos ecossistemas, levando ao crescimento de algas e cianobactérias potencialmente tóxicas, bem como o aumento da população de macrófitas flutuantes causando depleção do oxigênio dissolvido, diminuição de espécies de peixes e redução do valor estético do corpo de água (SMITH & SCHINDLER, 2009).

A baixa razão entre o nitrogênio e fósforo total associado à baixa concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), alto potencial hidrogeniônico (pH), baixa herbivoria, elevada temperatura, favorecem o aparecimento de cianobactérias, algumas favorecidas pela capacidade de fixação de nitrogênio (BRANDÃO & DOMINGOS, 2006)

O aumento das ações antrópicas nos corpos hídricos torna-se crescente, e com isso, o aumento do aporte de nutrientes. Baseado na quantidade de nutrientes, o estado trófico da água pode ser classificado como oligotrófico (baixas concentrações de nutrientes e baixa produtividade primária), mesotrófico (concentrações intermediárias de nutrientes e produtividade primária intermediária) e eutrófico (rico em nutrientes e alto nível de produtividade) (MANSOR, 2005). Toda essa caracterização é de extrema importância para o gerenciamento e criação de estratégias que visem a sustentabilidade dos recursos hídricos.

A eutrofização pode ser mensurada através do índice de estado trófico da água (IET). O IET foi criado por Calson (1977), com objetivo central de avaliar o nível trófico das regiões temperadas, devido às condições de assimilação de nutrientes e grande produtividade nessas regiões. Após as modificações do IET realizado por Lamparelli (2004), pode também ser avaliado em regiões tropicais, tanto em rios como em lagos ou reservatórios. Esse índice classifica os corpos de água utilizando as concentrações de clorofila *a*, transparência da água e fósforo total como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico (CETESB, 2004).

### **2.3. Exploração de rios**

Os Rios são ecossistemas lóticos, cuja água é corrente, dessa forma possuem renovações tanto em sua morfologia desde a nascente até a foz. Toda a fonte hídrica é dotada de valor econômico, ecológico e social, sendo assim, é cada vez mais necessário a sua preservação. Os corpos hídricos formam, importantes núcleos biológicos, consistindo assim a base da cadeia alimentar e produção de oxigênio por meio da fotossíntese além de armazenar uma grande diversidade biológica. A importância dos rios para o homem consiste em fornecer a água para o consumo humano e animal, produção de alimentos, higiene pessoal além de irrigação de solos e áreas agrícolas (BINDER, 2001).

A interferência da poluição dos corpos hídricos acontece quando o lançamento dos resíduos orgânicos são maiores que a capacidade de absorção deste por meio dos organismos decompositores, gerando assim a degradação da qualidade da água. As principais consequências da degradação, em função das atividades humanas, é o assoreamento e

homogeneização do leito de rios e córregos, levando assim à diminuição de habitats e microhabitats. Todo o processo de deteriorização para qualquer componente do meio ambiente ocasiona o que se pode chamar de impacto ambiental, que de acordo com a resolução do CONAMA 357/05, pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente resultante de atividades humanas que afetem a saúde e bem estar da população (GOULART & CALISTO, 2003).

Segundo Malmqvist e Rundle (2002), os impactos ambientais causados aos rios depende de sua natureza linear e unidirecional. Qualquer alteração ambiental, bem como a entrada de um poluente, irá comprometer toda a sua extensão a jusante. Os grandes fatores que são responsáveis por atingir diretamente a dinâmica natural dos rios são o desmatamento, agropecuária (principalmente quando se faz o uso de fertilizantes e agrotóxicos), perda de vegetação ripária, além da canalização que leva à perda da diversidade estrutural, alterando o fluxo de água (HARRISON et al., 2004).

A crescente exploração de rios leva pesquisadores a criarem métodos para a restauração destes, com o objetivo de converter ambientes ameaçados em ambientes sustentáveis. O grande desafio é integrar o conhecimento científico e a pressão econômica social ao ecossistema com seus impactos (CLARK & FRID, 1999).

Para o tratamento, tem-se os chamados sistemas *wetland* que são zonas de transição entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, ocorrem de forma natural no ambiente. É sabido que, geralmente, essas áreas apresentam alta variabilidade nos processos constituintes, e consequentemente possuem importante papel ecológico (SALATI, et al., 2008). Existem dois fatores que caracterizam essas zonas, que são as superfícies cobertas por água (sempre ou intermitente) e o desenvolvimento de vegetação de solo úmido. Estas zonas melhoram a qualidade da água pelo fato de depurar a água (KENT, 1994). Os *wetland* são capazes de degradar matéria orgânica, precipitar o fósforo e remover o nitrogênio por nitrificação e desnitrificação microbiana (SEZERINO et al., 2015).

## 2.4. Indicadores da qualidade da água

Os indicadores da qualidade da água são características específicas da água, podendo ser, física, química ou biológica. A análise da qualidade de água é realizada por meio de coleta de dados por indicadores da qualidade da água, que têm por objetivo avaliar previamente o estado do corpo hídrico. Dentre elas as medições físicas e químicas formam a base do monitoramento. Porém tais fatores não são suficientes, pois as mudanças hidrológicas são muito rápidas, sendo assim, tais medidas não conseguem retratar os fatores ambientais a longo prazo pela sua natureza instantânea. Muitos parâmetros físicos e químicos sofrem alterações diárias. A melhor alternativa então é o complemento das análises por meio do monitoramento de indicadores biológicos. O biomonitoramento, ou a monitorização biológica, é geralmente definida como o uso sistemático de organismos vivos, ou suas respostas, para determinar a condição ou alterações do ambiente (LI, 2010).

As comunidades biológicas, refletem a integridade física, química e biológica dos ecossistemas. Os organismos apresentam adaptações evolutivas às condições ambientais, que lhe permitem apresentar grande tolerância a determinadas condições (ALBA-TERCEDOR, 1996). Dessa forma o biomonitoramento oferece a possibilidade de obter uma visão ecológica geral da situação atual de córregos ou rios (GOULART & CALISTO, 2003).

O uso de um maior número de indicadores, incluindo químicos e biológicos é o desejável, sendo possível medir o grau de poluição, por índices, como o de Shannon ( $H'$ ), que pode ser chamado de índice de Shannon- Weaver ou Shannon-Wiener. Os ecossistemas estáveis são aqueles que não apresentam grandes distúrbios, e a abundância de espécies é reduzida, e apresentam grande diversidade, o contrário ocorre em ambientes alterados, como alterações por poluição ou eutrofização. Assim o índice de Shannon é capaz de medir, por meio das espécies, quanto o ecossistema está alterado (VON SPERLING, 2007 *apud* LEÃO, 2011). Os Principais indicadores são :

### 2.4.1. Variáveis físicas e químicas

As principais variáveis ambientais para o monitoramento da qualidade da água são:

- **Temperatura:** A temperatura na água é o reflexo da energia cinética das partículas, no qual uma molécula por meio da sua agitação, é capaz de repassar energia a outra molécula, transformando a energia cinética, em energia térmica, no ecossistema. A temperatura na água é influenciada tanto pelo meio externo quanto por fatores antropogênicos (pela ação humana, ao adicionar poluentes e material alóctone de modo geral na água). A temperatura influencia

na velocidade das reações químicas bem como na solubilidade de substâncias de metabolismo dos organismos.

- Condutividade elétrica: A maioria das substâncias presentes na água dissociam-se em ânions e cátions, a capacidade que essas substâncias têm de transmitir corrente elétrica é a medida de condutividade elétrica. Portanto, em locais onde a concentração iônica é grande a condutividade também será.
- Potencial hidrogeniônico (pH): é uma variável capaz de medir as condições ácidas e básicas do meio, indicadas pela presença de íons  $H^+$ , é uma medida de escala antilogarítmica, onde tem-se que  $pH > 7$  é básico,  $pH < 7$  é ácido e  $pH = 7$  é Neutro. Contribui para o grau de solubilidade e toxicidade de substâncias presentes na água, devido à capacidade da interação das moléculas com o íons  $H^+$ . A quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons de hidrogênio conferem o caráter básico, valores elevados estão associados à presença de matéria orgânica, e à respiração de micro-organismos, aumentando assim a taxa de gás carbônico. A capacidade da água de resistir a mudanças de pH pelas bases confere o caráter ácido, ocasionado tanto por fatores naturais como absorção do gás carbônico pela atmosfera, e pela decomposição da matéria orgânica ou por fatores antropogênicos como a poluição artificial dos rios (LIRA et al., 2014).
- Oxigênio dissolvido (OD): É o agente oxidante da água mais importante, a principal fonte de oxigênio na água é por meio da fotossíntese e é de extrema importância para a respiração dos organismos aeróbios. A principal razão para a diminuição do oxigênio dissolvido é quando este é utilizado na decomposição da matéria orgânica. Em ambientes não poluídos, a oxidação ocorre de forma aeróbica. Porém com a adição de esgotos, aumenta a decomposição de matéria orgânica e a respiração dos organismos, havendo assim a diminuição o oxigênio, e o aumento de gás metano e gás carbônico (FIORUCCI & FILHO, 2005)
- Clorofila a: Pigmento presente nas células dos seres fotossintetizantes, sua análise nos dá informações sobre a biomassa algal na água, que é de extrema importância para identificar a produtividade primária do meio (KURODA et l., 2002).
- Nitrogênio: O nitrogênio é de extrema importância para o crescimento de algas e macrófitas, porém o seu excesso pode acarretar sérios problemas ao corpo hídrico e a todo o ecossistema. Necessita ser fixado por organismos específicos, como bactérias e algumas algas, o que é importante para o ciclo deste, e é liberado para a atmosfera. O nitrogênio “entra” no ecossistema quando está junto de outros elementos químicos, sejam eles orgânicos ou inorgânicos. Na água, normalmente pode ser encontrado na forma de amônia, nitrato e

nitrito. A amônia é encontrada de forma livre quando o ecossistema está básico, o que é bastante tóxico ao ambiente aquático. O nitrito apresenta-se de forma instável no meio aquoso.

- **Fósforo:** O fósforo é um composto limitante para a produtividade em águas continentais, uma vez que há a baixa disponibilidade deste em regiões tropicais, pois a alta temperatura permite que acelere o metabolismo dos organismos, e assim aumenta o consumo deste na forma de ortofosfato (Fósforo inorgânico). O excesso de fósforo na água ocasiona a eutrofização. A poluição de rios também acarreta o seu aumento e conseqüentemente a sua eutrofização (LIRA et al., 2014).

#### **2.4.2. Fitoplâncton**

Formam comunidades de organismos fotossintetizantes que flutuam nos corpos de água. São formados por organismos unicelulares microscópicos, solitários ou coloniais com dimensões que variam de 1 µm até colônias maiores do que 500 µm, encontram-se na zona eufótica, onde capturam luz para a realização da produção primária pela fotossíntese e de seus metabolismos. Locomovem-se nos estratos das colunas de água por meio de estruturas e mecanismos específicos como flagelos, vacúolos de gás além da relação área superficial/volume, que mantém o equilíbrio dos indivíduos na coluna de água. São extremamente variáveis em sua morfometria e fisiologia (PÁDUA et al., 2009)

Variam de acordo com as correntes de água, estratificação térmica, circulação, hora do dia, profundidade de penetração da luz, intensidade luminosa, temperatura e presença de substâncias tóxicas, concentração de oxigênio dissolvido, pH e algas em excesso na superfície geram dificuldade na penetração de luz, para a realização de processos vitais de outros organismos.

Águas limpas e pobres em nutrientes apresentam o fitoplâncton com abundância intermediária e com alta diversidade, entretanto águas ricas em nutrientes apresentam grande número de organismos, porém estes pertencentes a poucas espécies. Corpos hídricos que recebem despejos domésticos, industriais ou de fontes agrícolas possuem maior concentração de nutrientes, em especial o fósforo e nitrogênio, ocasionando assim a eutrofização. Destacam-se os seguintes grupos taxonômicos: Cyanobacteria (cianobactérias), Chlorophyceae (algas verdes), Chrysophyceae (crisofíceas), Bacillariophyceae (diatomáceas), Cryptophyceae (criptofíceas), Dinophyceae (dinoflagelados), Euglenophyceae (euglenófitas) e Conjugatophyceae (e.g. desmidiáceas).

O fitoplâncton é considerado um indicador biológico de alterações nas concentrações de nutrientes na água e apresenta elevada sensibilidade a alterações de pequena escala nas condições ambientais, pois sua estrutura comunitária muda frequentemente em resposta a perturbações ambientais em maneiras previsíveis, que é a base para o desenvolvimento de biocritérios na avaliação de influências antropogênicas (CETESB, 2012)

O estudo dos componentes do fitoplâncton, levando em consideração a sua identificação e quantificação são de extrema importância para avaliar as condições ecológicas do ecossistema aquático, por meio de atividades de monitoramento, visando a melhoria do corpo hídrico, como também para o desenvolvimento de culturas de interesse econômico, como a piscicultura (PÁDUA et al., 2009)

### **2.4.3. Zooplâncton**

Corresponde à porção animal do plâncton, forma um elo entre produtores (fitoplâncton) e consumidores principalmente peixes e diversos invertebrados, (NEVES et al., 2012). São de grande importância para a ciclagem de nutrientes e para a cadeia alimentar transferindo energia a partir do fitoplâncton e do bacterioplâncton além de detritos orgânicos particulados, para os níveis tróficos superiores (NEW, 1995). Apresentam seu corpo em tamanhos que variam de poucos micrômetros até alguns milímetros, fato este que contribui para a diversidade estrutural dessa comunidade nos ecossistemas aquáticos. Respondem de maneira rápida ao meio, constituindo assim importantes indicadores biológicos do grau de contaminação de um ambiente (BOZELLI & HUSZAR, 2003).

São compostos basicamente por três grupos : Cladocera, Rotífera e Copepoda. Porém a depender do sistema analisado ainda tem-se outros grupos como Protozoa, Chaoboridae, Díptera além de Mollusca e Turbellaria (TUNDISI, 1997).

Os Rotíferos são filtradores de materiais em suspensão, incluindo as microalgas. Possuem uma alta taxa de renovação populacional além de grande capacidade de tolerância às alterações ambientais, sendo capazes de preencher nichos vagos com extrema rapidez, e converter a produção primária numa forma utilizável para os consumidores secundários, (ESTEVEZ,1998). São amplamente utilizados como indicadores de condições ecológicas específicas, no qual são bastante utilizados na determinação do estado trófico da água e indicadores de poluição. Possuem várias estratégias para a obtenção do alimento, por isso são considerados como generalistas, além de fazer parte da dieta de muitos crustáceos e peixes, (JORGE, 2015).

Os Cladóceros são preferencialmente filtradores de detritos, algas e bactérias sendo por sua vez alimento de peixes jovens e adultos. Os Copepodos possuem o estágio juvenil chamado de Náuplio, estes por sua vez são filtradores e se alimentam especialmente de flagelados do tipo fitoflagelados. Os Copepodos quando adultos possuem dois tipos mais comuns que são os Calanoida e o Cyclopoida. A ordem Calanoida são animais preferencialmente filtradores herbívoros, e conseguem selecionar as partículas para a sua alimentação, já a ordem Cyclopoida que são carnívoros, alimentando-se preferencialmente de Rotíferos e Cladóceros (PAYNE, 1986). Um dos principais fatores responsáveis pela sua distribuição é a temperatura que tem influência no metabolismo dos indivíduos e na disponibilidade de alimento. As características tais como, a presença de substâncias tóxicas na água, podem alterar as taxas de desenvolvimento e reprodução destes indivíduos (MELÃO, 1999)

De acordo com Esteves (1988), os copepodos possuem reprodução sexuada, os ovos fertilizados eclodem os indivíduos em estágios larvais, que são nomeados por náuplios, antes de chegarem à forma adulta, passam ainda pela fase jovem na qual os indivíduos são denominados de copepoditos. Entre os copepodos as ordens Calanoida e Cyclopoida são as mais comuns.

Sendo assim, alterações na abundância e na diversidade do zooplâncton afetam toda a cadeia alimentar em ambientes aquáticos continentais, podendo assim ocasionar em florações algais e diminuição da qualidade da água. Por isto, o zooplâncton serve também como importante ferramenta na análise da qualidade para a água.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Identificar atributos físicos, químicos e biológicos ao longo do Rio do Cabelo, como base no monitoramento para que possam ser realizada a sua recuperação.

#### **3.2. Objetivos específicos**

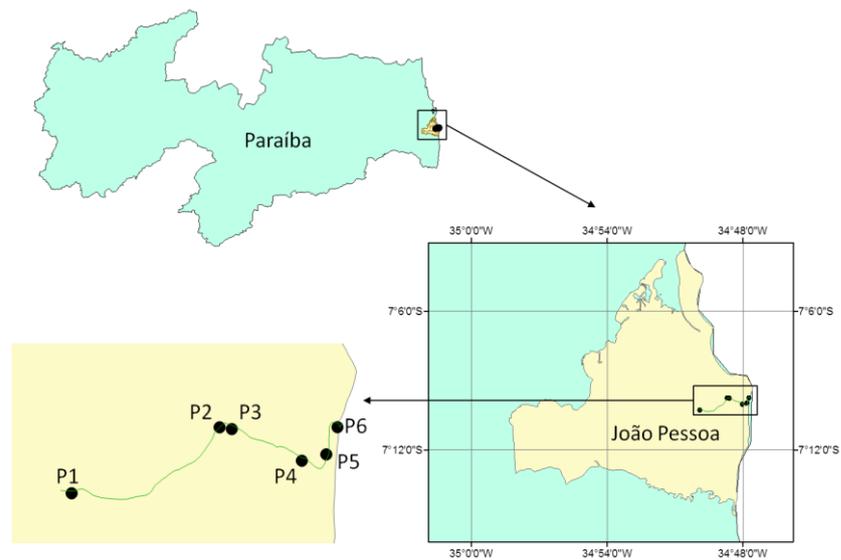
- ✓ Caracterizar ambientalmente o Rio do Cabelo e seu entorno
- ✓ Identificar e quantificar espécies de zooplâncton e fitoplâncton
- ✓ Análisar os nutrientes presentes na água
- ✓ Avaliar os efeitos de impactos antropogênicos
- ✓ Avaliar a capacidade de autodepuração do Rio do Cabelo

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Área de estudo e amostragem

A bacia hidrográfica do Rio do Cabelo está inserida no perímetro urbano de João Pessoa, coordenadas  $7^{\circ}08'53''$  e  $7^{\circ}11'02''$  de latitude e  $34^{\circ}47'23''$  e  $34^{\circ}50'33''$  de longitude (LEITE et al., 2004). É considerado um rio perene, localizado no setor oriental úmido de João Pessoa, apresenta uma área de drenagem média de  $9,78 \text{ km}^2$  sob um perímetro de  $17,54 \text{ km}$  (FARIAS, 2006).

**Figura 1:** Inserção da bacia hidrográfica Rio do Cabelo, na cidade de João Pessoa, e os seis pontos de coleta.



### 4.2. Pontos amostrais

**Tabela 1:** Coordenadas referentes aos pontos de coleta

	LAT	LONG
P1	$7,1715^{\circ}$	$34,8317^{\circ}$
P2	$7,1627^{\circ}$	$34,8116^{\circ}$
P3	$7,1629^{\circ}$	$34,8099^{\circ}$
P4	$7,1671^{\circ}$	$34,8004^{\circ}$
P5	$7,1663^{\circ}$	$34,7970^{\circ}$
P6	$7,1627$	$34,7955^{\circ}$

Foram realizadas coletas mensais no período de Junho/2015 a Setembro/2015, selecionados seis pontos da nascente até a foz do rio, para análises (**Figura 1**). Os pontos de coleta foram denominados da abreviação 'P', seguido do numeral de acordo com cada local coletado (**Tabela 1**).

O Primeiro ponto (P1) é localizado ao lado do complexo penitenciário Sílvio Porto, local próximo da nascente, é o que mais sofre com a ação antrópica. O esgoto do presídio, além do lixo a céu aberto é despejado no rio sem nenhum tratamento. A água do rio é turva, com a presença de larvas. Neste local existe uma criação de animais como cavalos, porcos, galinhas e cachorros (**Figura 3**). Os demais pontos encontram-se a jusante, até chegar ao último ponto (P6), localizado no estuário da praia da Penha.

**Figura 2:** Primeiro ponto de coleta. (A) Larvas de insetos encontradas na água do rio do cabelo; (B) Extensão do ponto 1 . as margens da criação de animais (C) despejo de esgoto (D) Água do rio utilizada para dessedentação animal.



\ **Figura 3:** Criação de animais às margens do rio no ponto P1. (A) Galinha, (B) Cavalo e (C) Porco.



**Figura 4:** Segundo ponto de coleta (P2). localizado próximo ao campo escola dos escoreitos do Brasil. Local aonde o rio entra em uma área florestada.



**Figura 5:** Terceiro ponto de coleta (P3) local aonde o rio sai da área florestada (A) Lado direito do rio às margens da estrada (B) Lado esquerdo do rio, às margens da estrada. (C) caminhão pipa removendo a água para irrigação.



**Figura 6:** Quarto ponto de coleta (P4). Característico pela presença de macrófitas flutuantes e peixes



**Figura 7 :** Quinto ponto de coleta (P5). Característico pela presença de macrófitas flutuantes e peixes.



**Figura 8:** Sexto ponto de coleta, (P6). Localizado no estuário na praia da Penha



#### 4.3. Variáveis abióticas

As análises realizadas em campo foram as de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, transparência da água, análise de nutrientes (nitrogenados e fosfatados), clorofila-*a* e condutividade elétrica, sendo esta última, aferida em laboratório, imediatamente após o material chegar de coleta.

Para as análises de nutrientes e clorofila-*a* foram selecionadas cinco réplicas em cada ponto de coleta, a água era coletada sob a região limnética do rio, com frascos de polietileno estéreis; em seguida colocadas em caixas de isopor contendo gelo, e encaminhadas para o laboratório e submetidas às análises específicas (**Tabela 2**).

**Tabela 2:** Variáveis abióticas e suas respectivas metodologias

ANÁLISE	EQUIPAMENTO
pH	Medidor de pH portátil , PHTEK
Oxigênio Dissolvido e Temperatura	Medidor de oxigênio portátil ,PHTEK
Condutividade Elétrica	Condutímetro TEC – 4MP , TECNAL
Transparência da água	Disco de secchi, de cor preta e branca, 30 cm de diâmetro
ANÁLISE DE NUTRIENTES	MÉTODO, segundo Apha (1998)
Amônia	4500 NH <sub>3</sub> – F Método do fenol
Nitrato	4500 NO <sub>3</sub> – E Método da coluna de cádmio
Nitrito	4500 NO <sub>2</sub> – B Método colorimétrico
Ortofosfato	4500 P – E Método do ácido ascórbico
Fósforo Total	4500 P – B.5 Método da digestão pelo Persulfato/ 4500 P – E Método do ácido ascórbico

Para as análises dos nutrientes: amônia, nitrato, nitrito e ortofosfato ,foram realizados filtragens na bomba a vácuo. Para o fósforo total não era necessário filtragem.

- Clorofila-*a*:

As amostras foram filtradas por bomba a vácuo, passando por filtros de fibra de vidro Whatman GF/C de 47 µm de diâmetro, No qual foram armazenadas em papel laminado, impedindo a entrada de luz. Em seguida a acetona 90% foi utilizada como solvente, posteriormente as amostras ficavam por 24 horas no escuro e a baixa temperatura. Logo após foram medidas as absorvâncias dos extratos pelo espectrofotômetro a 663nm e 750nm de comprimento de onda, antes e após a acidificação com HCl a 1N. A equação de conversão seguiu a metodologia de Lorenzen (1967).

- Concentração de íons H<sup>+</sup>

Para encontrar as concentrações de íons H<sup>+</sup> , utilizou –se a seguinte fórmula:

$$[H^+] = 10^{-(pH)}$$

#### 4.4. Variáveis bióticas

##### 4.4.1. Fitoplâncton

Foram selecionadas três réplicas em cada ponto, para a análise de fitoplâncton no qual as coletas foram realizadas em frascos de polietileno estéreis e fixadas com formol a 4% , segundo Bicudo & Bicudo (2004). Foram realizadas primeiramente a análise qualitativas das amostras em microscópio binocular, posteriormente realizavam-se as análises quantitativas sob microscópio invertido pelo método de Utermöhl (1958). Eram contados no mínimo 400

indivíduos da espécie mais abundante. As densidades de fitoplâncton eram expressas em indivíduos por mililitro. Para as identificações das espécies foram utilizadas as seguintes literaturas: GERMAIN (1981) para Bacylariophyceae, DESIKACHARY (1959) para Cyanophyceae, TELL (1986) para Euglenophyceae e KUMAR (1961) para Chlorophyceae.

Para a identificação de níveis taxonômicos como Classe, Ordem e Família, eram realizadas consultas ao site eletrônico AlgaeBase .

#### **4.4.2. Zooplâncton**

Para as análises de zooplâncton foram selecionadas três réplicas em cada ponto, as coletas eram realizadas em frascos de polietileno estéreis. Eram filtrados 40 litros de água com uma rede de plâncton de 45 µm de malha, em seguida eram fixadas com formol a 4%, saturado com glicose (HANEY & HALL, 1972; PREPAS, 1978). Primeiramente eram realizadas análises qualitativas em seguida as quantitativas, todas em microscópio binocular, com capacidade de aumento de até 1000x. As contagens eram realizadas com o auxílio de sub-amostras de 1 ml, em câmara de contagem de Sedgewick-Rafeter, na qual eram contados no mínimo 100 indivíduos no total. As densidades de zooplâncton eram expressas em indivíduos por litro.

Para a identificação dos táxons, foram utilizadas as principais literaturas: El Moor-Loureiro (1993) para cladóceros , KOSTE (1972) para rotíferos, Silva & Matsumura-Tundisi (2005) para copépodos.

#### **4.5. Estatísticas e índices**

Em planilhas eletrônicas foram realizadas estatísticas descritivas e inferenciais - regressões lineares e coeficiente de correlação de Pearson ( $p \leq 0,005$ ) com 95% de confiabilidade.

Para os **índices de estado trófico** (IET) foi considerada a metodologia segundo a CETESB (2009), no qual foram utilizadas as concentrações de clorofila- a (µg/L) e fósforo total (µg/L), é realizado então os seguintes cálculos para rios:

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

Em seguida, calculado o IET, que corresponde média entre o IET (PT) e IET (CL):

$$\text{IET} = [ \text{IET ( PT )} + \text{IET ( CL )} ] / 2$$



**Onde:**

**IET (CL):** Índice de estado trófico da Clorofila

**IET(PT):** Índice de estado trófico do fósforo total

In: Logaritmo neperiano

Este índice classifica os rios nos seguintes estados tróficos: ultraoligotrófico ( $\text{IET} \leq 47$ ), oligotrófico ( $47 < \text{IET} \leq 52$ ), mesotrófico ( $52 < \text{IET} \leq 59$ ), eutrófico ( $59 < \text{IET} \leq 63$ ), supereutrófico ( $63 < \text{IET} \leq 67$ ) e hipereutrófico ( $\text{IET} > 67$ ).

Para o **índice de shannon-Weaver (H')** foram utilizados o fitoplâncton e o Zooplâncton. Leva-se em consideração as espécies e a sua equitabilidade, dando maior relevância à riqueza. Foi utilizado o software PAST, no qual eram inseridos os dados de densidade média populacional das espécies fitoplâncton (ind/ml) e do zooplâncton (ind/L), e eram obtidos os resultados, segundo a fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

**Onde:**

$p_i = n_i / N$

$p_i$  = abundância relativa da espécie na amostra

$n_i$  = número de indivíduos da espécie

$N$  = Número total de indivíduos da amostra

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Variáveis ambientais

**Tabela 3:** Valor médio e desvio padrão (média± DP) das variáveis ambientais: pH (potencial hidrogeniônico ), OD (Oxigênio Dissolvido – mg/L), CONDUT(Conductividade Elétrica -  $\mu\text{S/cm}$ ), TEMP (Temperatura -  $^{\circ}\text{C}$ ), TRANSP (Transparência da água – cm) e CLOROF (Clorofila –a - $\mu\text{g/L}$ ).

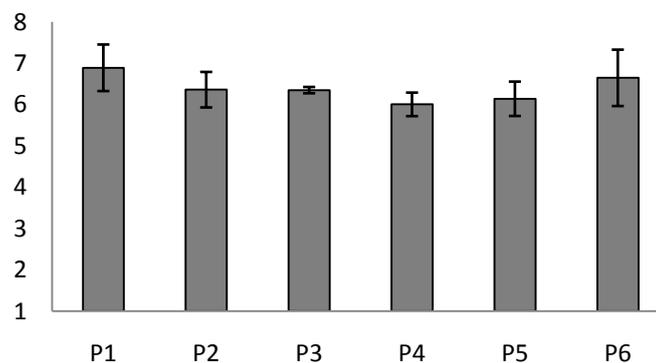
	pH	OD	CONDUT	TEMP	TRANSP	CLOROF
<b>P1</b>	6,89 ± 0,56	1,05 ± 1,07	639,55 ± 53,58	27,87 ± 1,93	7,47 ± 12,6	49,75 ± 39,87
<b>P2</b>	6,36 ± 0,42	2,88 ± 1,61	227,67 ± 30,44	27,92 ± 2,18	45,24 ± 38,6	1,33 ± 1,19
<b>P3</b>	6,35 ± 0,07	4,26 ± 1,48	261,42 ± 27,17	27,55 ± 1,72	35,07 ± 31,1	3,52 ± 2,93
<b>P4</b>	6 ± 0,28	3,65 ± 2,51	183,65 ± 9,02	28,77 ± 0,84	32,06 ± 27,2	13,07 ± 14,13
<b>P5</b>	6,14 ± 0 ± 41	3,14 ± 1,13	188,77 ± 14,12	27,52 ± 1,72	23,97 ± 39,9	8,71 ± 2,57
<b>P6</b>	6,64 ± 0,68	7,73 ± 0,25	2940 ± 754,4	28,23 ± 2,85	5 ± 5,65	5,51 ± 6,52

A transparência da água em praticamente todos os pontos foi total, desse modo não precisou a abtenção do gráfico desta variável.

#### 5.1.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

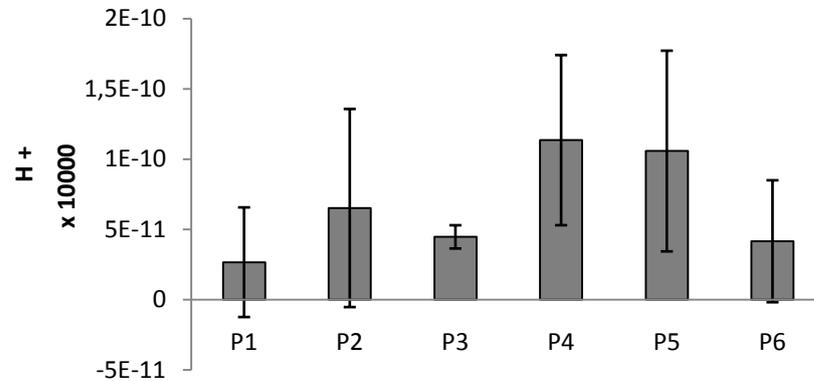
O potencial hidrogeniônico não apresentou grande variação ao longo dos pontos amostrais, durante os meses de coleta. Os maiores valores estavam no P1, correspondendo a 6,8 , o que caracteriza um pH levemente ácido (**Figura 9**). (**Tabela 3**).

**Figura 9** :Distribuição do pH ao longo dos pontos amostrais



Pelo fato da acidez estar ligada à concentração de íons  $\text{H}^+$  foram determinadas as concentrações deste íon (**Figura 10**), verificando-se seus maiores valores nos pontos P4 e P5.

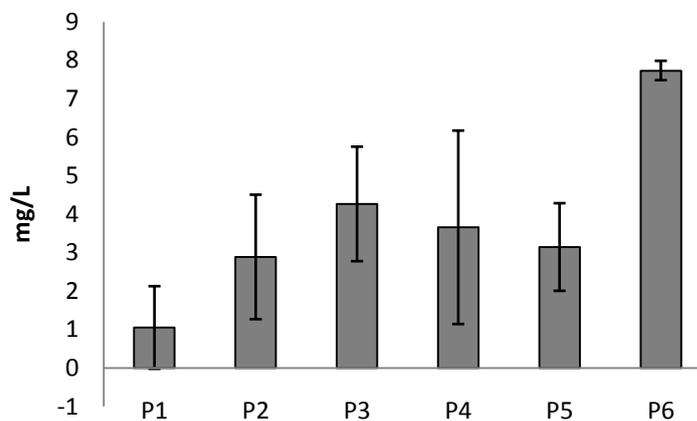
**Figura 10:** Concentração de íons  $H^+$ , ao longo dos pontos amostrais



### 5.1.2. Oxigênio dissolvido (OD)

O P1 é responsável pelos menores valores de OD, correspondendo a valores de 1,05 mg/L em média, aumentando a jusante (**Figura 11**).

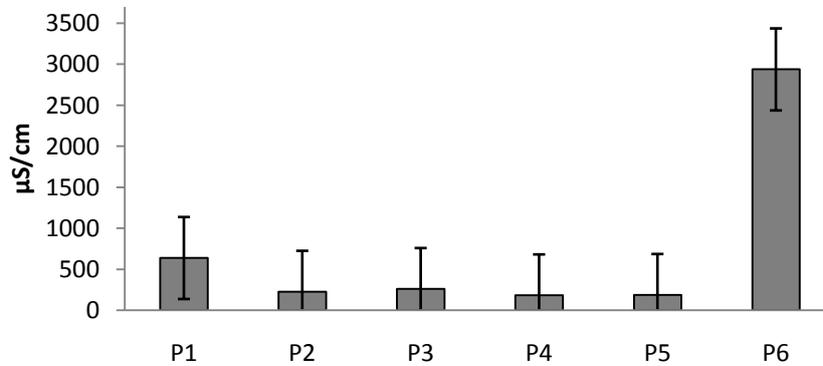
**Figura 11:** Variação média e Desvio Padrão do oxigênio dissolvido (mg/L), nos pontos amostrais, no Rio do Cabelo, ao longo do tempo.



### 5.1.3. Condutividade elétrica

O maior valor da condutividade elétrica está no estuário, no P6, correspondendo a uma média de 2940  $\mu S/cm$ . Isso já era esperado, em virtude de ter influência salina nesta região do estuário. A segunda maior condutividade é no P1, com valores médios de 639,55  $\mu S/cm$ , ocorrendo uma redução até o ponto P4, aonde obteve os valores mais baixos com uma média de 183,65  $\mu S/cm$  e 9,02  $\mu S/cm$  de desvio padrão (**Figura 12**).

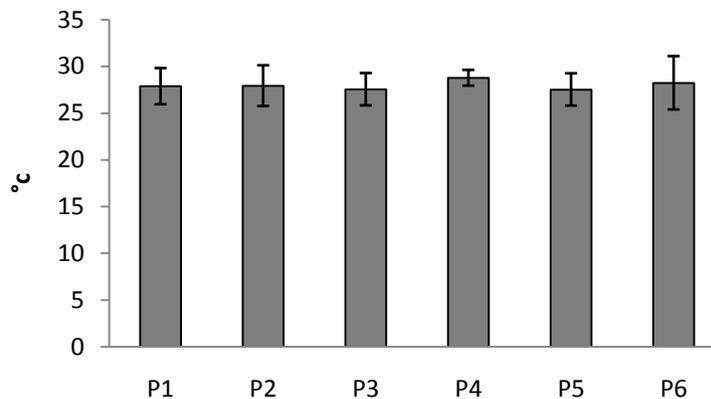
**Figura 12:** Variação média e Desvio Padrão da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos pontos amostrais no Rio do Cabelo



#### 5.1.4. Temperatura

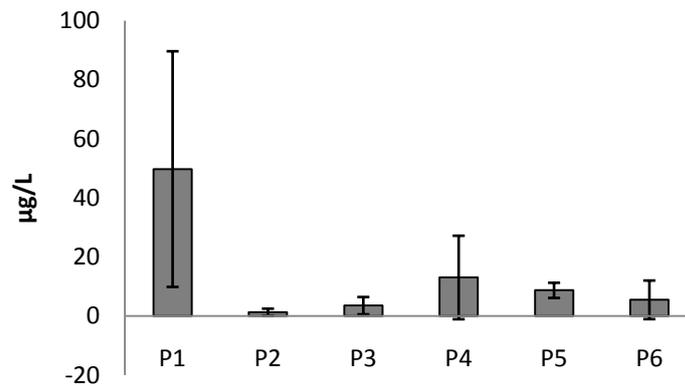
A temperatura apresentou pouca variação ao longo dos meses, os valores médios ficaram equivalentes oscilando entre o valor mínimo de  $27,5^{\circ}\text{C}$ , nos pontos P3 e P5, até  $28,2^{\circ}\text{C}$  no ponto P6 (**Figura 13**). Com os maiores valores de desvio padrão, no ponto P6, correspondendo a  $2,8^{\circ}\text{C}$  (**Tabela 3**).

**Figura 13:** Variação da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) nos pontos amostrais



#### 5.1.5. Clorofila – a

Dentre todos, o ponto P1 apresentou os maiores valores de clorofila-*a*, comparando com os demais pontos, apresentando valores de  $49,75 \mu\text{g}/\text{L}$  (**Figura 14**). Os pontos P1, P4 e P6 foram os que sofreram maiores alterações ao longo do tempo, apresentando maiores valores de desvio padrão (**Tabela 3**).

**Figura 14:** Variação da clorofila ( $\mu\text{g/L}$ ) nos pontos amostrais

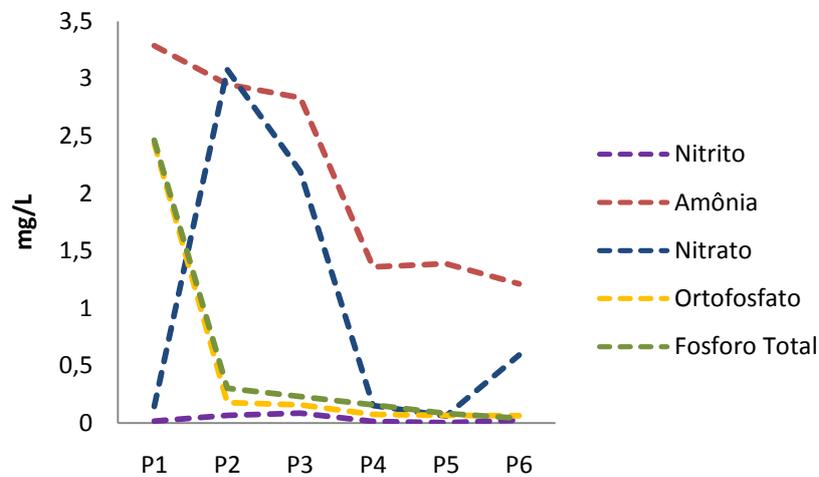
### 5.1.6. Nutrientes

**Tabela 4:** Média e desvio padrão (Média  $\pm$  DP), referente aos nutrientes ( $\text{mg/L}$ )

	Nitrito	Amônia	Nitrato	Ortofosfato	Fósforo Total
<b>P1</b>	0,015 $\pm$ 0,003	3,288 $\pm$ 0,069	0,143 $\pm$ 0,16	2,437 $\pm$ 0,184	2,464 $\pm$ 0,844
<b>P2</b>	0,066 $\pm$ 0,022	2,951 $\pm$ 0,313	3,079 $\pm$ 3,92	0,178 $\pm$ 0,009	0,302 $\pm$ 0,299
<b>P3</b>	0,084 $\pm$ 0,022	2,834 $\pm$ 0,515	2,191 $\pm$ 2,324	0,158 $\pm$ 0,019	0,228 $\pm$ 0,051
<b>P4</b>	0,012 $\pm$ 0,012	1,361 $\pm$ 0,437	0,15 $\pm$ 0,095	0,074 $\pm$ 0,006	0,156 $\pm$ 0,038
<b>P5</b>	0,001 $\pm$ 0,001	1,386 $\pm$ 0,084	0,059 $\pm$ 0,049	0,067 $\pm$ 0,005	0,081 $\pm$ 0,07
<b>P6</b>	0,023 $\pm$ 0,019	1,213 $\pm$ 0,172	0,59 $\pm$ 0,667	0,063 $\pm$ 0,003	0,04 $\pm$ 0,056

O P1, apresentou os maiores valores de amônia (3,28  $\text{mg/L}$ ), ortofosfato (2,43  $\text{mg/L}$ ) e fósforo total (2,46  $\text{mg/L}$ ). O P2 apresentou o maior valor de Nitrato (3,07  $\text{mg/L}$ ). O Nitrito apresentou baixos valores ao longo dos meses, comparados com os outros nutrientes, chegando os seus valores máximos no P3 com valores de 0,08  $\text{mg/L}$  e mínimos no P5, (**Tabela 4**).

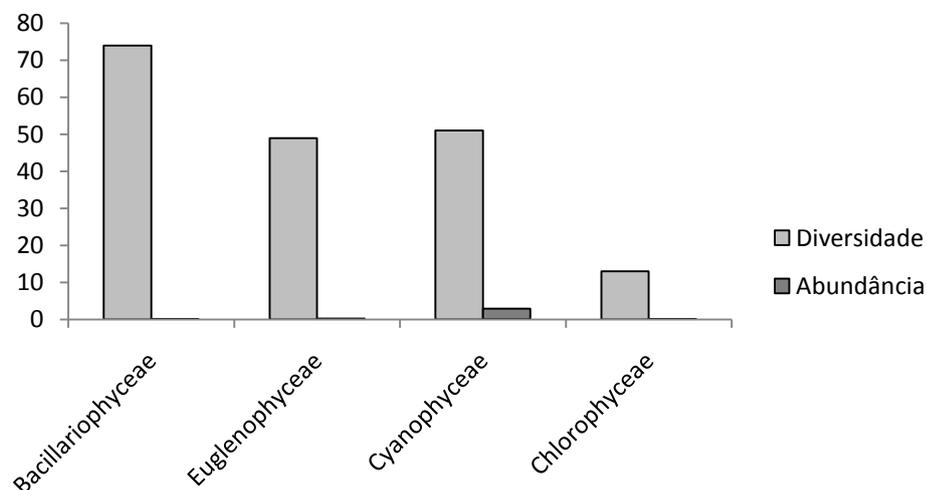
Os valores de amônia, ortofosfato e fósforo total vão decaindo a jusante, chegando a seus valores mínimos no ponto P6, sendo eles 1,2  $\text{mg/L}$ , 0,063  $\text{mg/L}$  e 0,04  $\text{mg/L}$  respectivamente. Já os menores valores de nitrito estão no ponto P5, com valores de 0,059  $\text{mg/L}$ , (**Figura 15**).

**Figura 15:** Variação dos nutrientes (mg/L) nos pontos amostrais

## 5.2. Fitoplâncton

Foram encontrados 188 *taxa* de fitoplâncton estando distribuídos entre quatro grupos taxonômicos, são eles: Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Cyanophyceae e Chlorophyceae.

A Cyanophyceae representou a maior abundância dentre as classes de algas, durante toda a análise, representando 91% de todos os indivíduos fitoplanctônicos correspondendo a 147,84 ind/ml, seguidos da Euglenophyceae (7%), Bacillariophyceae (1,3%) e Chlorophyceae (0,3%). Porém, foram as Bacillariophyceae que representaram a maior diversidade de espécies, durante todo o período de estudo, representando 40%, seguidos da Cyanophyceae (27%), Euglenophyceae (26%) e por fim a Chlorophyceae (7%), (**Figura 16**).

**Figura 16 :** Abundância ( ind/ml) e diversidade de fitoplâncton no Rio do Cabelo

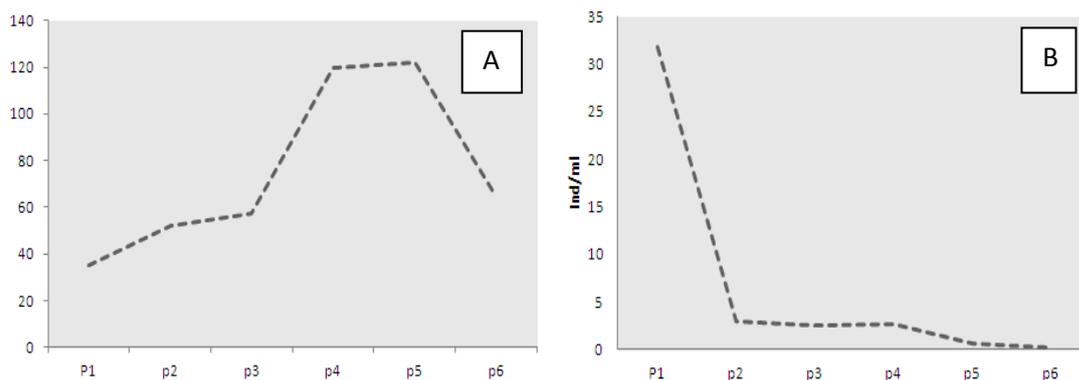
Em relação aos pontos amostrais, o P1 representa a maior abundância de fitoplâncton, porém a menor diversidade. A Maior diversidade está representada pelo ponto 4 e 5. É perceptível que a jusante do rio a diversidade vai aumentando, e a abundância diminuindo, (**Figura 17**).

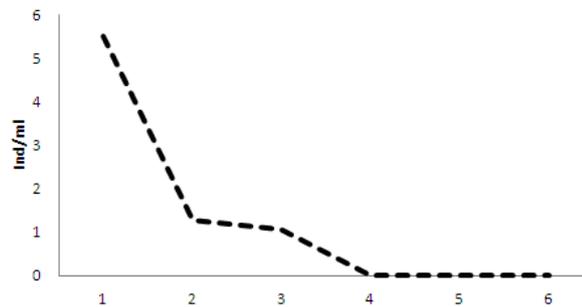
A classe Bacillariophyceae apresenta o maior número de espécies (74) distribuídas em 16 famílias. Já a classe Cyanophyceae apresenta o maior número de famílias (20) com 51 espécies (**Tabela 5**).

A Espécie de fitoplâncton que se mostrou mais abundante foi a *Spirulina laxissima* (Cyanophyceae, família Spirulinaceae), com maior abundância no ponto P1 (5,5 ind/ml), diminuindo gradativamente, até chegar nos seus valores mínimos no P5 (0,00012 ind/ml), e não ser encontrada no último ponto de coleta (P6) (**Figura 18**).

As espécies que estão presentes em todos os pontos são : *Nitzschia palea*, *Navicula laevisissima*, pertencentes à classe das Bacillariophyceae. *Euglena viridis*, pertencente à classe da Euglenophyceae, *Anabaena constricta*, *Oscillatoria tenuis*, *Synechocystis aqualitis*, *Rhabdoderma sancti-pauli*, pertencentes à classe das Cyanophyceae, e *Korshikoviella limnetica* da classe das Chlorophyceae. Porém *N. palea* encontra-se frequente em maior quantidade do que as demais.

**Figura 17:** (A) Diversidade do fitoplâncton e (B) Abundância do fitoplâncton em ind/ml, por pontos amostrais



**Figura 18:** Abundância da espécie *Spirulina laxissima* (ind/ml), nos pontos amostrais**Tabela 5:** Relação das espécies de Fitoplâncton presentes no Rio do Cabelo

<b>Bacillariophyceae</b>		
Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Denticula elegans</i> Kützing <i>Denticula tenuis</i> Kützing <i>Nitzschia amphibia</i> Grunow <i>Nitzschia apiculata</i> (Gregory) Grunow <i>Nitzschia fasciculata</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck <i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst <i>Nitzschia hungarica</i> Grunow <i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith <i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck <i>Nitzschia pusilla</i> Grunow <i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst <i>Nitzschia romana</i> Grunow in Van Heurck <i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith <i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst
Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis hustedtii</i> Krasske <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg <i>Gomphoneis olivacea</i> (Hornemann) P.A.Dawson ex R.Ross & P.A.Sims
Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst <i>Gomphonema lagenula</i> Kützing <i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing
Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow <i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst <i>Eunotia robusta</i> Ralfs in Pritchard <i>Eunotia tenella</i> (Grunow) Hustedt in Schmidt et al.
Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières

		<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow
		<i>Fragilaria intermedia</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck
		<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs
Mastogloiales	Achnanthaceae	<i>Achnanthes exigua</i> Grunow in Cleve & Grunow
	Mastogloiaceae	<i>Mastogloia smithi</i> Thwaites ex W.Smith
Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i> sp1.
Naviculales	Naviculaceae	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve
		<i>Navicula anglica</i> Ralfs in Pritchard
		<i>Navicula gastrum</i> (Ehrenberg) Kützing
		<i>Navicula globosa</i> F.Meister
		<i>Navicula laevissima</i> Kützing
		<i>Navicula pupula</i> Kützing
		<i>Navicula spicula</i> (Hickie) Cleve
		<i>Navicula subcapitata</i> (Grunow) Frenguelli
		<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve
		<i>Gyrosigma spencerii</i> (Bailey ex Quekett) Griffith & Henfrey
	Neidiaceae	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer
		<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve
		<i>Neidium dubium</i> (Ehrenberg) Cleve
	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia acuminata</i> W.Smith
		<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg
		<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst
		<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg
		<i>Pinnularia intermedia</i> (Lagerstedt) Cleve
		<i>Pinnularia subcapitata</i> W.Gregory
		<i>Pinnularia viridis</i> Ehrenberg
Rhopalodiales	Stauroneidaceae	<i>Stauroneis acuta</i> W.Smith
		<i>Stauroneis pseudosubobtusoides</i> H.Germain
	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing
		<i>Epithemia zebra</i> (Ehrenberg) Kützing
		<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Otto Müller
		<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) Otto Müller
		<i>Rhopalodia parallela</i> (Grunow) Otto Müller
		<i>Stenopterobia intermedia</i> (F.W.Lewis) Van Heurck ex Hanna
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella birostrata</i> Hustedt ex Ant.Mayer
		<i>Surirella linearis</i> W.Smith
		<i>Surirella ovalis</i> Brébisson
		<i>Surirella ovulum</i> Hustedt
		<i>Surirella subsalsa</i> W.Smith
		<i>Surirella tenera</i> W.Gregory
Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp1.
		<i>Cymbella laevis</i> Nägeli in Rabenhorst

		<i>Cymbella</i> sp1.
Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Cymbella ventricosa</i> (C.Agardh) C.Agardh <i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing <i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing <i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye) C.Agardh
Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora veneta</i> Kützing
<b>Euglenophyceae</b>		
Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena agilis</i> H.J.Carter <i>Euglena caudata</i> K.Hübner <i>Euglena chadefaudii</i> Bourrelly <i>Euglena cingula</i> Gojdics <i>Euglena circularis</i> Gojdics <i>Euglena ehrenbergi</i> Klebs <i>Euglena gaumei</i> Allorge & Lefèvre <i>Euglena gibbosa</i> Schiller <i>Euglena oxyuris</i> Schmarda <i>Euglena proxima</i> P.A.Dangeard <i>Euglena refringens</i> Gojdics <i>Euglena retronata</i> L.P.Johnson <i>Euglena spathirhyncha</i> Skuja <i>Euglena spirogyra</i> Ehrenberg <i>Euglena variabilis</i> Klebs <i>Euglena viridis</i> (O.F.Müller) Ehrenberg <i>Lepocinclis paxilliformis</i> Playfair <i>Lepocinclis salina</i> F.E.Fritsch <i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann <i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemmermann) Deflandre <i>Strombomonas</i> sp1. <i>Strombomonas verrucosa</i> (E.Daday) Deflandre <i>Trachelomonas allorgei</i> (Deflandre) Balech <i>Trachelomonas armata</i> (Ehrenberg) F.Stein <i>Trachelomonas curta</i> A.M.Cunha <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F.Stein <i>Trachelomonas parvicollis</i> Deflandre <i>Trachelomonas planctônica</i> Svirenko <i>Trachelomonas verrucosa</i> A.Stokes
	Phacaceae	<i>Phacus acuminatus</i> Stokes <i>Phacus agilis</i> Skuja <i>Phacus ankylonoton</i> Pochmann <i>Phacus anomalus</i> F.E.Fritsch & M.F.Rich <i>Phacus contortus</i> Bourrelly <i>Phacus hamatus</i> Pochmann <i>Phacus mangini</i> Lefèvre <i>Phacus minutus</i> (Playfair) Pochmann

		<i>Phacus onyx</i> Pochmann
		<i>Phacus orbicularis</i> K.Hübner
		<i>Phacus parvulus</i> G.A.Klebs
		<i>Phacus pseudonordstedtii</i> Pochmann
		<i>Phacus pseudo-oscillans</i> Conrad
		<i>Phacus pusillus</i> Lemmermann
		<i>Phacus rudicula</i> (Playfair) Pochmann
		<i>Phacus segretti</i> Prescott
		<i>Phacus similis</i> H.R.Christen
		<i>Phacus skujae</i> Skvortzov
		<i>Phacus stokesii</i> Lemmermann
		<i>Phacus trimarginatus</i> C.F.Allerge & T.L.Jahn
<b>Cyanophyceae</b>		
Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Dactylococcopsis raphidioides</i> Hansgirg <i>Johannesbaptistia pellucida</i> (Dickie) W.R.Taylor & Drouet <i>in</i> Drouet
	Cyanothrichaceae	
	Entophysalidaceae	<i>Chlorogloea fritschii</i> A.K.Mitra
	Microcystaceae	<i>Microcystis protocystis</i> W.B.Crow <i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst ex Bornet & Flahault
Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena constricta</i> (Szafer) Geitler <i>Anabaena iyengarii</i> Bharadwaja <i>Anabaena variabilis</i> Kützing ex Bornet & Flahault <i>Anabaenopsis raciborskii</i> Woloszynska <i>Cylindrospermum doryphorum</i> Brühl & Biswas
	Nostochopsidaceae	<i>Nostochopsis</i> <i>sp</i> l. <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju <i>in</i> Desikachary
	Aphanizomenonaceae	<i>Raphidiopsis curvata</i> F.E.Fritsch & M.F.Rich
	Hapalosiphonaceae	<i>Westiellopsis prolífica</i> Janet <i>Komvophoron constrictum</i> (Szafer) Anagnostidis & Komárek
Oscillatoriales	Gomontiellaceae	<i>Komvophoron schmidlei</i> (Jaag) Anagnostidis & Komárek <i>Komvophoron crassum</i> (Vozzhennikova) Anagnostidis & Komárek
	Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya nordgardhii</i> Wille <i>Lyngbya polysiphoniae</i> Frémy <i>Oscillatoria amphibia</i> C.Agardh <i>ex</i> Gomont <i>Oscillatoria cortiana</i> Meneghini <i>ex</i> Gomont <i>Oscillatoria curviceps</i> C.Agardh <i>ex</i> Gomont <i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh <i>ex</i> Gomont <i>Oscillatoria pseudogeminata</i> G.Schmid <i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh <i>ex</i> Gomont <i>Phormidium fragile</i> Gomont

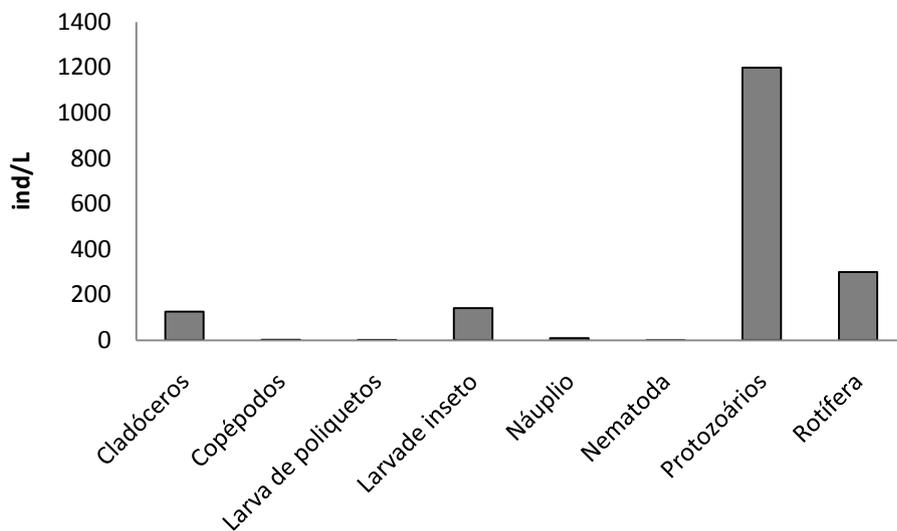
		<i>Phormidium tergestinum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek
		<i>Phormidium tenue</i> Gomont
		<i>Phormidium molle</i> Gomont
	Microcoleaceae	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek
		<i>Symploca cartilaginea</i> Gomont
		<i>Arthrospira platensis</i> Gomont
		<i>Arthrospira spirulinoides</i> Ghose
Pseudanabaenales	Schizotrichaceae	<i>Schizothrix telephoroides</i> Gomont
		<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek
Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa koordersii</i> K.M.Strøm
		<i>Aphanothece zulanirae</i> Werner & Sant'Anna
	Leptolyngbyaceae	<i>Leptolyngbya perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek
	Merismopediaceae	<i>Eucapsis densa</i> M.T.P.Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková
		<i>Merismopedia punctata</i> Meyen
		<i>Synechocystis aqualitis</i> Wislouch
	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn
		<i>Pseudoanabaena galeata</i> Böcher
	Romeriaceae	<i>Romeria victoriae</i> Komárek & Cronberg
		<i>Rhaldoderma lineare</i> Schmidle & Lauterborn <i>in</i> Schmidle
	Synechococcaceae	<i>Rhaldoderma sancti-pauli</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková
Spirulinales	Spirulinaceae	<i>Spirulina gigantea</i> Schmidle
		<i>Spirulina meneghiniana</i> Zanardini <i>ex</i> Gomont
		<i>Spirulina laxissima</i> G.S.West
		<i>Spirulina subtilissima</i> Kützing <i>ex</i> Gomont
<b>Chlorophyceae</b>		
Sphaeropleales	Characiaceae	<i>Korshikoviella limnetica</i> P.C.Silva
	Coelastroideae	<i>Coelastrum</i> sp1.
	Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Corda
		<i>Kirchneriella contorta</i> (Schmidle) Bohlin
		<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius
		<i>Kirchneriella diana</i> (Bohlin) Comas Gonzalez
		<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & G.S.West
		<i>Kirchneriella aperta</i> Teiling
		<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková- Legnerová <i>in</i> Fott
		<i>Desmodesmus granulates</i> (West & G.S.West)
	Scenedesmaceae	Tsarenko
		<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turpin) Kützing
		<i>Scenedesmus bijulgatus</i> Kützing
		<i>Scenedesmus carinatus</i> (Lemmermann) Chodat

### 5.3. Zooplâncton

Foram encontrados 38 *taxa* de zooplâncton, distribuídos entre Rotíferos, Cladóceros, Copépodos, Nematoda, larvas de inseto, larvas de poliquetos e Protozoários.

Os Protozoários apresentaram maior abundância, representando 61% da densidade total, correspondendo a 1199,60 ind/L, seguidos dos Rotíferos (16%), Cladóceros (13%), Larvas de inseto (7%), Nematoda (2%), Náuplios (1%), Copépodos (0,7%) e Larvas de poliquetos (0,3%) (**Figura 19**).

**Figura 19:** Abundância total do zooplâncton no Rio do Cabelo

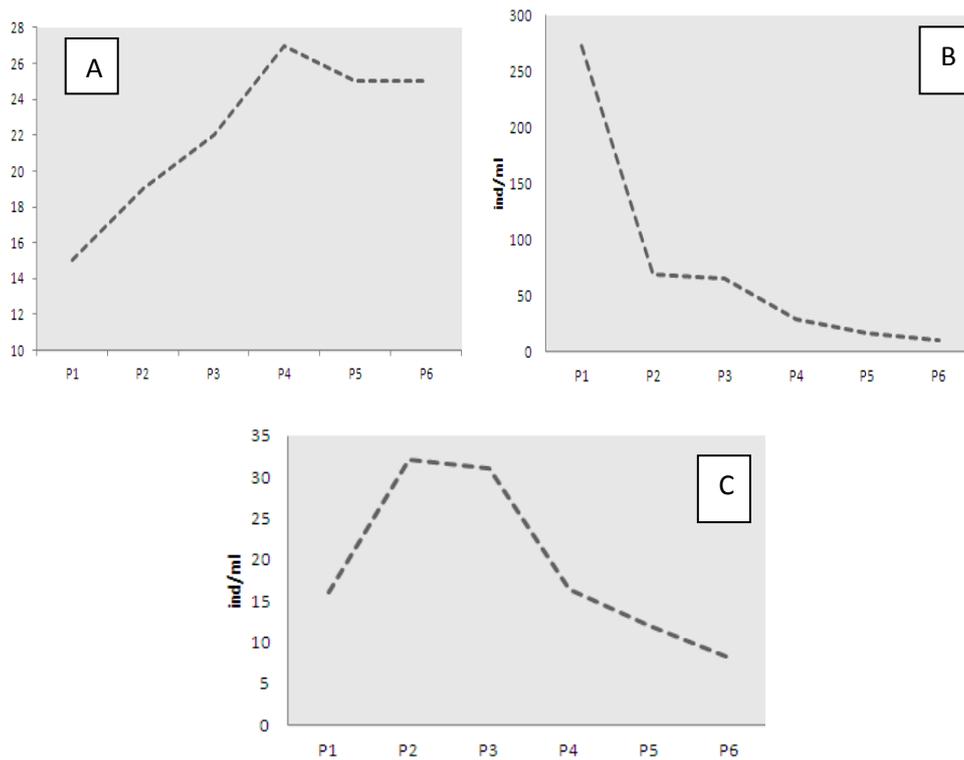


Só foi realizada a identificação a nível de espécies para os filos Rotifera, (exceto a classe Bdelloidea) e Classe Cladocera. Os rotíferos apresentaram maior diversidade, apresentando 28 espécies. O segundo *taxon* mais diverso foram os cladóceros, com três espécies, os Copépodos são representados pela ordem Cyclopoida e o estágio larval Náuplio. (**Tabela 6**).

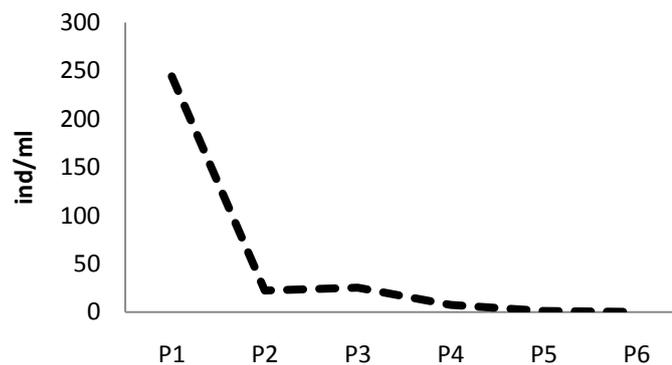
Os Protozoários fizeram-se presentes em todos os pontos amostrais, sua abundância foi maior no P1, no qual apresentou o valor médio de 244 ind/L, decrescendo à medida que o rio vai em direção ao estuário no ponto P6, no qual atinge seu menor valor de abundância, equivalente a 0,02 ind/L (**Figura 21**). Levando em consideração apenas as principais classes de zooplâncton (Rotifera, Cladocera e Copepoda) a maior abundância está nos pontos 2 e 3 com valores de 32 ind/L e 31 ind/L respectivamente (**Figura 20**).

O rotífera pertencente a classe Bdelloidea apresentou-se frequente em todos os pontos amostrais, principalmente nos pontos P1, P2 e P3. A maior diversidade de zooplâncton, encontra-se nos pontos P4 e P5, com 27 e 25 táxons, respectivamente.

**Figura 20:** (A) Índice de diversidade total do zooplâncton e (B) Abundância do zooplâncton total em ind/L, por pontos amostrais (C) Abundância zooplâncton ( Representando a soma das abundâncias de Rotíferos, Cladóceros e Copépodos).



**Figura 21:** Abundância de protozoários ao longo dos pontos amostrais



**Tabela 6:** Relação dos *taxa* de zooplâncton presentes no Rio do Cabelo

Rotífera	<p>Bdelloidea</p> <p><i>Brachionus sp1.</i></p> <p><i>Brachionus patulus</i> Muller (1786)</p> <p><i>Cephalodella intuta</i> Myers (1924)</p> <p><i>Colurella geophila</i> Donner (1951)</p> <p><i>Colurella obtusa</i> Gosse (1886)</p> <p><i>Colurella salina</i> Althaus (1957)</p> <p><i>Epiphanes macrourus</i> Barrois &amp; Daday (1894)</p> <p><i>Euchlanis phryne</i> Myers (1930)</p> <p><i>Hexarthra sp.</i></p> <p><i>Keratella quadrata</i> Muller (1786)</p> <p><i>Lecane clara</i> Bryce (1892)</p> <p><i>Lecane dicipiens</i> Murray (1913)</p> <p><i>Lecane hamata</i> Stokes (1896)</p> <p><i>Lecane kieferi</i> Hauer (1931)</p> <p><i>Lecane ludwigi</i> Eckstein (1883)</p> <p><i>Lecane luna</i> Muller (1776)</p> <p><i>Lecane stichaea</i> Harring (1913)</p> <p><i>Lepadella cyrtopus</i> Harring (1914)</p> <p><i>Lepadella sp1.</i></p> <p><i>Lepadella ovalis</i> Muller (1896)</p> <p><i>Lophocharis salpina</i> Ehrenberg (1834)</p> <p><i>Mitilina sp1.</i></p> <p><i>Platyias leloupi</i> Gillard (1957)</p> <p><i>Platyias quadricornis</i> Ehrenberg (1832)</p> <p><i>Scaridium longicauda</i> Muller (1786)</p> <p><i>Testudinella truncata</i> Gosse (1886)</p> <p><i>Tricocerca sp1.</i></p>
Cládocera	<p><i>Alona sp.</i></p> <p><i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick (1882)</p> <p><i>Macrotrix sp.</i></p>
Copépoda	<p>Cyclopoida</p> <p>Náuplio</p>
Nematoda	
Larva de inseto	
Larva de poliquetos	
Protozoários	

#### 5.4. Correlação entre as variáveis

- **Variáveis Bióticas**

A abundância do fitoplâncton apresenta correlação positiva com o fósforo total ( $r^2=0,83$ ;  $p=3,34 \times 10^{-7}$ ) o mesmo ocorrendo com a abundância do zooplâncton em relação ao fósforo total ( $r^2=0,50$ ;  $p=0,001$ ). A diversidade do fitoplâncton e zooplâncton apresentou uma baixa correlação positiva, porém significativa, com o fósforo total, ( $r^2=0,23$  e  $p=0,05$ ;  $r^2=0,29$  e  $p=0,023$ ; respectivamente). O ortofostato apresentou relação positiva com a abundância de fitoplâncton ( $r^2=0,94$ ;  $p=0,001$ ), sendo esta a mais significante, dentre as análises, mostrando também uma menor correlação positiva, com a abundância do zooplâncton ( $r^2=0,24$ ;  $p=0,04$ ). O ortofosfato também está correlacionado positivamente com a diversidade do fitoplâncton ( $r^2=0,23$ ;  $p=0,04$ ) e a do zooplâncton ( $r^2=0,31$ ;  $p=0,01$ ).

A amônia correlacionou-se de forma positiva com a abundância de fitoplâncton ( $r^2=0,32$ ;  $p=0,017$ ), a diversidade de fitoplâncton ( $r^2=0,46$ ;  $p=0,002$ ) e de zooplâncton ( $r^2=0,36$ ;  $p=0,01$ ). O nitrito teve correlação positiva significativa com a diversidade de fitoplâncton ( $r^2=0,24$ ;  $p=0,04$ ). As análises estatísticas não apresentaram relação significativa com o nitrato com o fitoplâncton e nem com o zooplâncton.

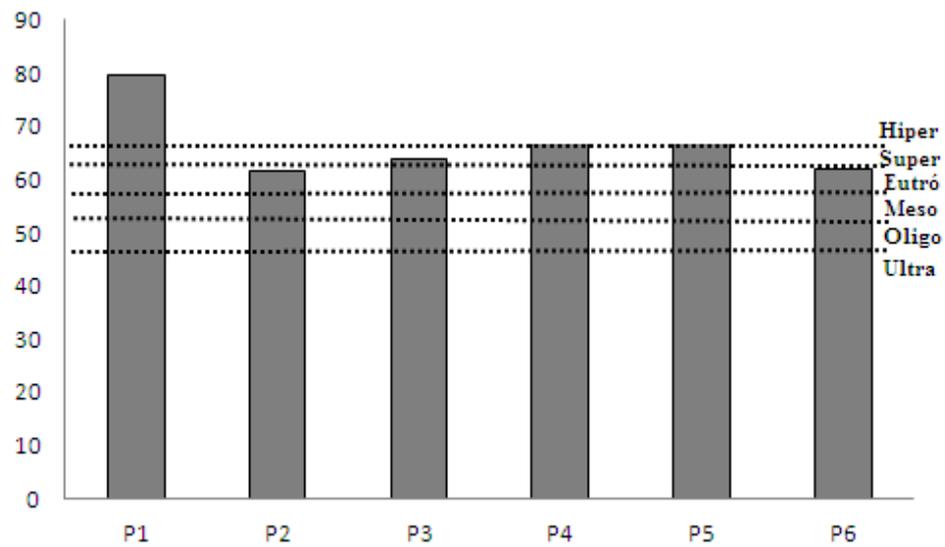
- **Variáveis abióticas**

O Oxigênio dissolvido apresentou correlação negativa com ortofosfato ( $r^2=0,25$ ;  $p=0,04$ ) e amônia ( $r^2=0,22$ ;  $p=0,05$ ). O ortofosfato apresentou significância positiva com o pH ( $r^2=0,39$ ;  $p=0,006$ ) e clorofila ( $r^2=0,57$ ;  $p=0,00037$ ). A amônia está correlacionada negativamente com a temperatura ( $r^2=0,21$ ;  $p=0,05$ ) e concentração de  $H^+$  ( $r^2=0,24$ ;  $p=0,04$ ). A temperatura também apresenta correlação positiva com as concentrações de  $H^+$  ( $r^2=0,26$ ;  $p=0,01$ ).

#### 5.5. Índice de estado trófico

De acordo com o estado de trofia do ecossistema aquático, no Rio do Cabelo, todos os pontos são classificados como eutrófico ou superior. O ponto P1 apresenta o maior IET, com valores de 79,44, enquadrando essa região do rio como hipereutrófica. Os pontos P4 e P5, são considerados como supereutróficos, por apresentarem valores de IET iguais a 67,7 e 67,2 respectivamente; Os pontos P2, P3 e P6 são classificados como eutróficos, apresentando valores de 61,4; 63,9 e 62,0 respectivamente (**Figura 22**).

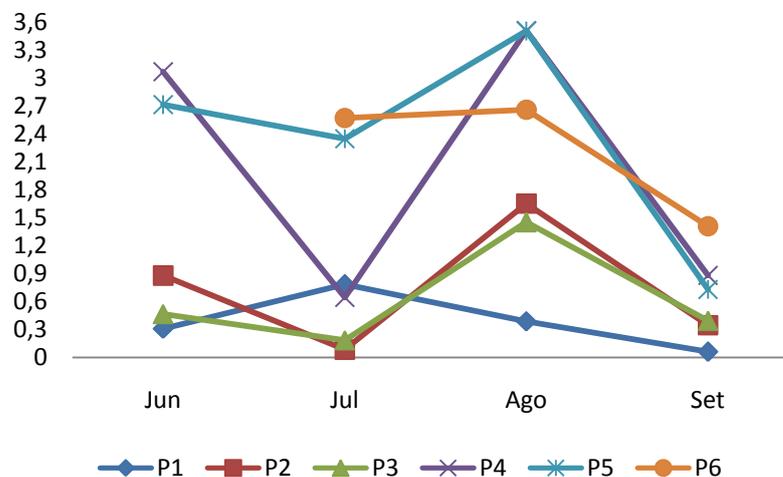
**Figura 22:** Índice de estado trófico, nos pontos amostrais ao longo do Rio do Cabelo, (Hiper = Hipereutrófico , Super =Supereutrófico , Eutró = Eutrófico , Meso = Mesotrófico , Oligo = Oligotrófico , Ultra=Ultraoligotrófico)



### 5.6. Índice de Shannon (H')

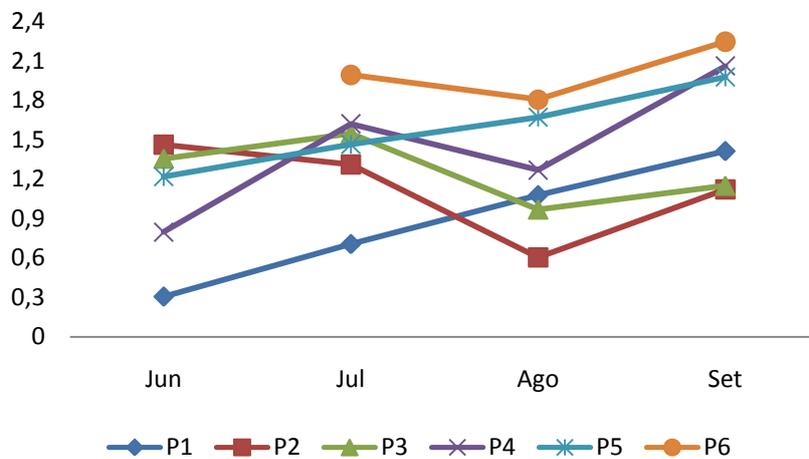
Em relação à comunidade fitoplanctônica, os índices de diversidade de Shannon obtiveram os maiores valores nos pontos 4, 5 e 6 para os meses de Junho e Agosto e nos pontos 5 e 6 para o mês de julho. Indicando que estes pontos encontram-se mais equilibrados que os demais (**Figura 23**).

**Figura 23:** Índice de Diversidade de Shannon, relacionado ao fitoplâncton, nos seis pontos de coleta, distribuído de Jun/15 a Set/15.



Em relação à comunidade zooplânctônica verificou-se que os maiores valores também foram encontrados nos Pontos 4, 5 e 6 para os meses de julho, agosto e setembro, indicando que estes pontos encontram-se mais equilibrados que os demais (**Figura 24**), fato comprovado também pelas mesmas análises para o fitoplâncton. No ponto 1, verificou-se que o índice de Shannon apresentou valor de 1,5 que é bem maior quando comparado aos valores de Shannon para o fitoplâncton que obteve 0,7 como maior valor, no mês de Julho.

**Figura 24:** Índice de Diversidade de Shannon, relacionado ao zooplâncton, nos seis pontos de coleta, distribuído de Jun/15 a Set/15.



## **6. DISCUSSÃO**

A principal fonte de poluição do Rio do Cabelo encontra-se na nascente, o que agrava de um modo geral a dinâmica ecológica e a biota de todo rio a jusante. Os menores valores de oxigênio dissolvido (OD) e elevadas concentrações de nutrientes, sendo eles, amônia, ortofosfato e fósforo total, coincidiram no ponto de maior ação antrópica, onde recebe alta descarga de matéria orgânica. A elevada condutividade no P6, está provavelmente associada à influência da maré, recebendo água salgada, aumentando a quantidade de íons dissolvidos, e logo, a sua condutividade. A segunda maior condutividade é no ponto P1 por fatores antrópicos. A menor condutividade no P4 pode está associada a grande quantidade de macrófitas, por isso há uma grande absorção de nutrientes por estas plantas. Resultados semelhantes foram observados nos estudos realizados por Farias (2006) no mesmo rio, onde apresentou maiores valores de condutividade elétrica e menor teor de oxigênio dissolvido nos locais de maior poluição que não possuíam macrofitas. Em trabalhos realizados por Avigliano & Schenone (2016) as baixas concentrações de OD, nutrientes e elevadas concentrações de condutividade elétrica, foram associados à eutrofização de rios, que é mais comum quando em locais onde o fluxo de água é menor, devido a pouca quantidade de água corrente, o que também é observado durante as análises do Rio do Cabelo, principalmente nos pontos P4 e P5 (clorofila e amônia).

Os valores de Oxigênio são o resultado da diferença entre produção e consumo, como o P4 é muito rico em macrófitas e estas alteram a sua abundância ao longo do tempo, por exemplo , quando chove são levadas pela água e aumentam a área sem macrófitas, isso acaba se refletindo na quantidade de oxigênio, seja pela diminuição neste gás, quando a área está mais coberta por macrófitas, pela sua decomposição, seja pelo aumento do sombreamento que diminui a fotossíntese pelo fitoplâncton que é quem contribui com a oxigenação na coluna de água, e vice-versa nos períodos com menos densidade de macrófitas. (BIANCHINI & CUNHA-SANTINO, 2008).

A baixa oscilação do pH e temperatura foram os mesmos verificados por Chaves et al., (2015), durante o monitoramento do Rio Piranhas, no qual o valor do pH variava entre 6,68 e 6,5 e a temperatura média encontrava-se por volta dos 30 °C.

Os maiores valores encontrados dos nutrientes como amônia, ortofosfato e fósforo total no ponto P1 pode ser justificado pela elevada concentração de matéria orgânica e no caso da amônia, pelas baixas concentrações de oxigênio. O Rio tem a sua capacidade de

autodepuração limitada, o que leva à presença de grandes quantidades de nutrientes ainda nos pontos P2 e P3. Segundo Khan & Ansari (2005) as águas residuárias, esgotos em geral e a criação de animais, são as principais fontes de amônia, fósforo total e ortofosfato. As fezes de animais e humanos, são importante fonte de fósforo devido ao escoamento destes para as margens do rio, além do fósforo liberado pela atividade dos decompositores na matéria orgânica. Dessa forma, as reações químicas que convertem polifosfato em ortofosfato, e fósforo orgânico em íons fosfatados acabam aumentando a concentração de nutrientes fosfatados na água. A matéria orgânica contém proteína e ureia, na ausência de oxigênio dissolvido suficiente, ocorre a hidrólise destas, liberando amônia, o que explica a grande quantidade de amônia no P1 em relação aos demais pontos. Como o P1 está próximo de instituições governamentais (dois presídios e um restaurante popular) sem coleta de esgoto, há um grande acúmulo desses materiais na cabeceira do Rio do Cabelo.

O nitrogênio de origem vegetal e animal e o que está presente em esgotos, quando em contato com a água transformam-se em nitrogênio amoniacal, que é transformado em nitrito e posteriormente, em nitrato. Apesar do nitrito ser tóxico ao ambiente e ser um indicador de má qualidade da água, ele precisa de um ambiente aquático que contenha vias oxidativas suficiente para as suas reações químicas, pois é uma das formas oxidadas do nitrogênio (KINDLEN, 2010) e passa a nitrato não tóxico. Então a falta de oxigênio pode explicar suas baixas concentrações no ponto 1, e grandes concentrações no ponto P2. O ponto P2 encontra-se mais próximo da fonte poluidora (P1), e devido à depuração do rio no decorrer entre o ponto 1 e 2, a concentração de oxigênio aumenta, logo aumenta a concentração de nitrato, provavelmente resultado da nitrificação da amônia, que diminui nestes pontos. As análises corroboram com os estudos realizados por Sharma et al. (2015), que apresentaram elevados valores de nutrientes do tipo nitrato e fosfato, ocasionados também pelo excesso de poluição.

O menor decréscimo observado para a amônia, até o P3, pode ser o resultado dos processos de nitrificação, que não se mostram eficientes no ponto 1 e 3. No processo de nitrificação é necessário a presença de bactérias nitrificantes e de oxigênio. O oxigênio foi bastante baixo no ambiente, o que pode ter atrasado este processo, que passou a ser mais eficiente no P4, também pela presença de macrófitas, que auxiliou na retirada de compostos nitrogenados da água, não só pelas plantas superiores, mas porque estas mantêm biofilme nas suas superfícies, e o perifiton tem algas que absorvem a amônia diretamente. (PIMENTA, 2012).

Relacionado aos valores de clorofila-*a*, o P4 deve ter sido favorecido nesta concentração, em virtude de ser um ambiente em que o rio se espalha mais, diminuindo a velocidade, geralmente as concentrações de plâncton são inversamente proporcionais à velocidade da água. O mesmo pode ser dito do P5. Já no P1, a grande quantidade de nutrientes, apesar de ter um fluxo de água maior, permitiu a presença de fitoplâncton em grande quantidade (LUZIA,2009).

Nos estudos realizados por Ninčević-Gladan et al., (2015) a abundância do fitoplâncton pode ser explicada pela concentração de compostos fosfatados e nitrogenados. As espécies de Cyanophyceae apresentaram maior abundância nos pontos com maiores concentrações de nutrientes e a diversidade aumentou com a diminuição destes, corroborando nossos resultados da correlação entre abundância e diversidade de fitoplâncton com as concentrações de nutrientes como nitrato, ortofosfato e fósforo total. Além disto, a abundância geral de fitoplâncton representada pela Cyanophyceae *S. laxíssima* concentra-se no ponto de maior poluição, e a maior diversidade é encontrada nos locais onde a poluição é moderada, sendo as Bacillariophyceae responsáveis pela maior diversidade.

Para Nascimento (2010) a abundância de Cyanophyceae é explicada pela maior tolerância à presença de poluentes, em relação às outras algas. Respondem melhor às más condições ambientais, assim a presença deste grupo pode ser usada para registro de desequilíbrios ambientais no Rio do Cabelo tanto em curto como a longo prazo em escala de tempo. Algumas espécies possuem estruturas e mecanismos adaptativos, que lhes garantem maior sucesso em ambientes com condições extremas, dentre elas o acineto (proteção) e o heterócito (fixação de nitrogênio). Além disso, produzem cianotoxinas, que também servem como mecanismo de defesa contra predadores zooplantônicos. Outros grupos de fitoplâncton, por não possuírem essas toxinas, acabam ficando mais vulneráveis aos ataques de predadores. E a grande diversidade de Bacillariophyceae, pode ser explicada pela sua elevada taxa de migração, no qual conseguem colonizar rapidamente novos ambientes (SILVA et al., 2011).

Segundo Reynolds et al. (2002), o gênero *Spirulina* está associado a ambientes ricos em nutrientes, como observado em maior quantidade no ponto P1, comparados aos demais pontos amostrais. Apesar da *S. laxíssima* ser a mais abundante, ela não apresentou-se frequente em todos os pontos amostrais, principalmente nos que contêm melhores condições físicas e químicas. A espécie mais frequente é a *N. palea* presente em todos meses de coleta e em todos os pontos amostrais, pertence à classe das Bacillariophyceae. Lobo et al. (2015)

afirmam que *N. palea* é cosmopolita e altamente tolerante a diversos tipos de ambientes inclusive os que são pobres em oxigênio, com altos valores de nutrientes e grandes quantidades de matéria orgânica.

A escassez de potentes predadores específicos para o fitoplâncton (Zooplâncton do tipo Rotifera, Cladocera e Copepoda) no ponto P1, também garante o aumento de indivíduos fitoplanctônicos, mais especificadamente *S. laxíssima*. A grande quantidade de protozoários no ponto de maior poluição pode enquadrar esses indivíduos como indicadores de ambientes poluídos. Como Protozoa é um grupo de organismos que se alimenta de matéria particulada, e como no P1, pela grande quantidade de material de esgoto a matéria orgânica é elevada, o que pode ser visualizado pela coloração da água, que é quase preta, há nesse local muito alimento disponível para este grupo, o que explica as suas elevadas densidades. Também possuem estratégias para sobreviver em condições adversas, como o encistamento e permanecem assim até o ambiente voltar às condições normais (MENDONÇA, 2012).

Freitas (2012), ao analisar um ecossistema lótico, que sofre ação antrópica, identificou a presença maior de rotíferos, com o gênero *Lecane* como mais abundante, os outros grupos mais frequentes foram Cladocera e Copepoda respectivamente, corroborando nossos resultados dos rotíferos, tendo o gênero *Lecane* como o mais diverso, e a classe Bdelloidea como o mais abundante e frequente em todos os pontos de coleta.

A grande abundância e diversidade de rotíferos no Rio do Cabelo são consequências das condições físico-químicas do rio e do fato destas espécies serem r-estrategistas, conseguindo adaptar-se rapidamente às condições adversas, além de apresentarem plasticidade alimentar (MATSUMURA-TUNDISI, 2007).

A representatividade do gênero *Lecane* no Rio do Cabelo deve-se ao fato de pertencerem a ambientes aquáticos tropicais lóticos (JOKO et al., 2008). O grupo Bdelloidea é capaz de tolerar altas concentrações de poluentes, pois conseguem entrar em anidrobiose, que seria um estágio de dormência sob condições adversas, conferindo o cosmopolitismo a este grupo, além de se alimentar de material particulado (RICCI, 2001).

A maior abundância e diversidade dos copépodos e cladóceros a jusante, segundo Serafim-Junior et al. (2003) são justificadas pelas melhores condições do rio, além da possibilidade de colonizar novos micro habitats na presença de macrófitas mas especificamente nos pontos P4 e P5. Além do aumento de alimento disponível (aumento da

diversidade de fitoplâncton) que também favoreceu a abundância do zooplâncton em direção ao estuário.

O índice de Shannon demonstrou que há um melhor equilíbrio no ambiente aquático para as comunidades fitoplânctônicas e zooplânctônicas nos últimos pontos de coleta, os mais afastados da fonte de poluição que por sua vez apresentaram valores baixos. O mesmo ocorreu nas análises de Leão (2011) que demonstrou menores valores de Shannon para locais com altas concentrações de substâncias tóxicas, matéria orgânica e fósforo. Os valores do índice de Shannon foram assim capazes de confirmar as ações antropicas negativas durante uso da água para diluição de poluentes.

Os elevados valores de clorofila-*a*, associados ao fósforo total presentes na água tem diversos efeitos maléficis ao corpo hídrico, entre elas o aumento do estado trófico, verificado nos análises de Alves et al. (2012) como comprovado pelo IET da água, que obteve os maiores valores no ponto P1, classificados como hipereutrófico, seguidos dos pontos P4 e P5 que representaram os maiores valores de estado trófico, sendo assim considerados supereutrófico. Apesar do índice de Shannon demonstrar melhor qualidade nesses últimos pontos, pode-se associar esse estado de trofia à presença de macrófitas flutuantes presentes exclusivamente nesses locais, que pela sua própria decomposição aumentam muito os nutrientes, ou o balanço entre a absorção e a liberação não é o suficiente para diminuir mais os nutrientes nesses locais.

## 7. CONCLUSÃO

O ponto P1 é o potencial responsável pela poluição do Rio do Cabelo, assim com o curso natural do rio, o mesmo vai se auto depurando a água vai melhorando as suas condições físico-químicas, em relação à foz .

A concentração de nutrientes foi maior onde tem a maior concentração de poluição do Rio do Cabelo, e a diversidade de zooplâncton e fitoplâncton foi maior nos locais menos acometidos pela poluição. O principal nutriente responsável pela abundância do fitoplâncton e zooplâncton foi o fósforo que explica a abundância da *Spirulina laxissima* representando o fitoplâncton e dos protozoários e Bdelloidea representando o zooplâncton.

Com base nestes resultados, mesmo que preliminares e de curta duração, o conhecimento aqui gerado pode ser usado para o projeto de biomonitoramento do rio e para a análise inicial para a sua recuperação e melhoria da qualidade de vida da população residente no seu entorno.

## **8. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA**

- AHUJA, S., 1 - **Monitoring Water Quality, Pollution Assessment, and Remediation to Assure Sustainability**, in *Monitoring Water Quality*, S. Ahuja, Editor.Elsevier: Amsterdam. p. 1-18, 2013.
- ALBA-TERCEDOR J. **Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos**. IV SIAGA, Almeria, vol. II: 203-213, 1996.
- ALVES, I.C.C; EL-ROBRINI, M; SANTOS, M.L.S; MONTEIRO,S.M; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T.F., **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil)**. *Acta amazônica*, V.42, p 115 – 124. 2012
- ANA - AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Redes de monitoramento**. Portal da qualidade das águas. 2015. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx> > Acesso em : 08 Ago. 2015
- APHA, AWWA & WPCF **Standard methods for the examination of waster and waster-water**. 18 ed. New York, APHA/AWWA/WPCF, 1193p, 1998.
- AVIGLIANO, E.; SCHENONEL N.; **Water quality in Atlantic rainforest mountain rivers (South America): quality indices assessment, nutrients distribution, and consumption effect**. *Environ Sci Pollut Res*, P1-13.2016.
- BARRETO, L.V; BARROS, F.M; BONOMO, P; ROCHA,F.A; AMORIN, J.D.S, **Eutrofização em Rios Brasileiros**, enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16, Bahia 2013..
- BIANCHINI , I.; CUNHA-SANTINO , M. B. **As rotas de liberação do carbono dos detritos de macrofitas aquáticas**. *Oeacol. Brasil*. P 20-29.2008 .
- BICUDO C. E. M. ; BICUDO, D. C. . **Amostragem em Limnologia**. Edição 2. Ed. Rima.352p . 2004.
- BINDER, W. **Rios e Córregos: Preservar - Conservar – Renaturalizar**. A Recuperação de Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro: Secretaria

de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMADS. Projeto Planágua SEMADS/GTZ de cooperação técnica Brasil-Alemanha, 2001.

BOZELLI, R. L., & HUSZAR, M.V.L. "**Comunidades fito e zooplanctônicas continentais em tempo de avaliação.**" **Limnotemas Sociedade Brasileira de Limnologia.** Disponível em <[http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/RioDoce/website/pt\\_fabrica](http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/RioDoce/website/pt_fabrica)> Acesso em : 22 Nov.2015.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F. & MORENO, P. **Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores.** In: Goulart, E.M.A. (Eds). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais, 555-567, 2005.

CHAVES, A.D.C.; ALMEIRA, R.R.P.; CRISPIM, D.L.; SILVA, F. T.; FERREIRA A.C. **Monitoramento e qualidade das águas do Rio Piranhas.** Revista Verde (Pombal - PB - Brasil) v. 10, n.1, p. 160 - 164, jan-mar, 2015.

CLARK, S., FRID, CLJ. **Restoring aquatic ecosystems: an overview.** Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, vol. 9, p. 1-4, 1999.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fitoplâncton de água doce: Métodos qualitativo e quantitativo.** 4ª edição. São Paulo.p. 124, 2012

CRISPIM, M. C. **On freshwater crustaceans occurring in the vicinity of Christiania.** August 9-16,1993.

DESIKACHARY, T.V. **Cyanophyta.** Indian council of agricultura research, New Delhi, p.686, 1959.

DILLENBURG, A. K. **A importância do monitoramento ambiental na avaliação da qualidade de um rio – estudo de caso – Mercedes, PR.** Revista Urutágua – Revista Acadêmica Multidisciplinar, Maringá, n. 12, p. 1-10, 2007.

ESTEVES, K. E; SENDACZ, S. **Relações entre a biomassa e o estado trófico de reservatórios do estado de São Paulo.** Acta limnologica Brasiliensia, v.2, p.587-604, 1998.

ESTEVES, F. de A. 1950. **Fundamentos de limnologia.** 2ª. ed. Rio de Janeiro:Interciência, 602 p,1998.

- FARIAS, M. S. S.; **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio cabelo**. 2006. 152 f. tese (Doutorado em engenharia agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.
- FIORUCCI, A.R.; FILHO, E.B.; **Importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos**. Química e sociedade, química nova na escola, p10-16. n 22, novembro 2005.
- FREITAS, L.D., **Heterogeneidade espacial e temporal do zooplâncton em sistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica do lobo (Itirapina-Brotas/SP)** 164 f. Dissertação (Mestrado em licenciaturas da engenharia ambiental)- Escola de engenharia de São carlos, Universidade de São Paulo, São carlos –São Paulo, 2012.
- GERMAIN, Henry. **Flore des Diatomées: eaux douces et saumâtres**. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris, 1981.
- GOULART, M & CALISTO, M.. **bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. Revista FAPAN 2. (1): 156-164, 2003.
- HANEY, J.F; HALL, D.J. Sugar-coated *Daphnia*: **A preservation technique for Cladocera**. Limnol. Oceanogr.18:331 -333. 1973
- HARRISON, SSC., PRETTY, JL., SHEPHERD, DJ., HILDREW, AG., SMITH, C., HEY, RD. **The effect of instream rehabilitation structures on macroinvertebrates in lowland rivers**. Journal of Applied Ecology, vol. 41, p. 1140-1154, 2004
- JOKO, C. Y.; LANSAC-TÔHA, F. A.; MURAKAMI, E. A.; BONECKER, C.C.; **Novas ocorrências de Lecane no plâncton de distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná**. Acta Sci. Biol. Sci. Maringá, v. 30, n. 2, p. 165-171, 2008
- JORGE S.; **Rotíferos planctônicos da bacia do piraíba (pe, brasil) e respostas às variáveis ambientais**. 64 f Dissertação (Mestrado em oceanografia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- Kent, D.M., Introduction. In: Kent, D.M. (ed), **Applied Wetlands Science and Technology**, pp. I - 11, Lewis Publishers, London, UK, 1994.
- KHAN, F.A. & ANSARI A.A. Eutrophication: An Ecological Vision. **The Botanical Review** 71(4): 449–482, 2005.

- KINDELEY, C. P.; **Determinação do teor de nitrates e nitrites na água de abastecimento do município de nova santa Rita**. 68 f. Conclusão de curso (Graduação em química), Centro Universitário la salle. Canoas, 2010.
- KOBIYAMA, M; MOTTA, A.A; CORSEUIL. C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. 1ª ed, Curitiba : Organic Trading, 2008.
- KUDORA, K. E.; SANTOS, C. D. A.; QUEIROZ, L. A.; CALIJURI, M. C.; BERNARDO, L. D.; **Determinação de clorofila pelo método espectrofotométrico visando o monitoramento da eficiência do tratamento de águas para abastecimento**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Brasil. 2002
- KUMAR, Krishan. **Clorofíceas**. Indian council of agricultura research, New Delhi.1967.
- LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento** . Tese (Doutorado), Universidade de Sao Paulo, 235 p, 2004.
- LEÃO, M.M., **Monitoramento da qualidade de água do Rio Grande do Sul – Bacia do rio Paraíba do sul**. 2011. 72 f. Dissertação (mestrado em Engenharia civil ) – Universidade Federal de viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2011
- LEITE, E.P.F; FARIAS, M. S. S; SILVA, F.W. **Diagnóstico ambiental preliminar da bacia hidrográfica do Rio do Cabelo João Pessoa/Pb**.52p.2004.
- LI,LI et al.; **Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends**, International Society for Environmental Information Sciences 2010 Annual Conference (ISEIS). 1510–1524, 2010
- LIRA,O.O. **Manual de controle da qualidade da água, para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, FUNASA. 1º Edição, 2014
- LOBO, E.A, et al. **Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical** .Temperate Brazilian lotic systems, Environ Monit Assess (2015) 187: 354.
- LOBO, E.A.; SCHUCH, M.; HEINRICH, C. G.; COSTA, A. B.; DÚPONT, A.; WETZEL, C. E., ECTOR, L., **Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical temperate Brazilian lotic systems**. Environ Monit Assess. p. 1-13, 2015.

- LORENZEN, C.J. **Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectro photometric equations.** *Limnol. Ocenogr.* 12(1): 343-346, 1967.
- LUZIA A. P. ; **Estrutura organizacional do fitoplâncton nos sistemas lóticos e lênticos da bacia do Tietê – jacaré (UGRHI – Tiête – Jacaré) em relação à qualidade da água e estado trófico.** Tese ( Doutorado em Ecologia e recursos naturais) . Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.
- MALMQVIST, B.,RUNDLE, S. **Threats to the running water ecosystems of the world.** *Environmental Conservation*, vol. 29, p. 134-153, 2002.
- MANSOR, M. T. C. **Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na hidrográfica do ribeirão do pinhal, Limeira-SP.** 2005. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- MAROTTA, H., SANTOS, R. O., E ENRICH-PRAST, A. **Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais.** *Ambiente & Sociedade*, 11:67–79, 2008.
- MATSUMURA-TUNDISI, T., **Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil.** In: Henry, R.(Ed.) *Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais.* Botucatu: Funfibio, p.39-54, 2007
- MELÃO, M.G.. **Desenvolvimento e aspectos reprodutivos de cladóceros e copépodos de águas continentais brasileiras.** In: Pompêo, M.L.M. *Perspectivas da Limnologia no Brasil.* Gráfica e Editora União, São Luis. p.45-58. 1999.
- MENDONÇA, H. S. S., **Ciliados planctônicos e epibentônicos do rio das velhas e tributários, mg: ecologia e uso potencial para bioindicação da qualidade das águas.** Dissertação (Mestrado em biologia aquática )- Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro preto, Janeiro, 2012.
- NASCIMENTO, P. B. **Cianobactérias como indicadoras de poluição nos mananciais abastecedores do sistema Cantareira.** 116 f. Dissertação (Mestrado em saúde publica), Faculdade de Saúde publica – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- NEVES, G. P.; PORTINHO, J. L.; JÚNIOR, M. S. **Zooplâncton.** *Estud. Biol., Ambiente Divers* 34(83), p165-173 jul./dez, 2012

- NEW, M. B. Status of **freshwater prawn farming: a review**. Aquaculture Research. 26 (1): 1-54. 1995.
- NINČEVIĆ-GLADAN, Z.; BUZANCIC, M.; KUSPILIC, G., GRBEC, B.; MATIJEVIC, S.; SKEJIC, S., MARASOVIC, M.; MOROVI, M., **The response of phytoplankton community to anthropogenic pressure gradient in the coastal waters of the eastern Adriatic Sea**. Ecological Indicators, p106-115, 2015.
- NUNES, D. G. ; **Modelagem da autodepuração e qualidade da água do rio Turvo Sujo**. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Agrícola), Viçosa- Minas Gerais. 2008.
- ONU, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Fatos sobre água e saneamento**. Conferencia das nações unidas sobre o desenvolvimento sustentável. 2015. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/temas-agua/>> Acesso em :02 Fev. 2016
- PÁDUA. J. et al. **Protocolo de amostragem e análise de fitoplancton**. Manual para avaliação da qualidade biológica da água em lagos e albufeiras segundo a directiva quadro a água. Instituto das águas. P. 1-67., 2009
- PAYNE, A. L. **The ecology tropical lakes na rives**. New York: John Wiley e sons, 301 p, 1986
- PICARD, V; LAIR. N, **Laboratory approach of the growth of rotifers sample in middle loire (France) under turbulence**. Journal de recherché. Oceanographique. V28, p.196-199, 2003.
- PIMENTA, S. F. P. **Comparação entre a biorremediação de água natural e água residual utilizando *Chlorella vulgaris***. Dissertação ( Mestrado em biologia e gestão da qualidade da água). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 2012
- PREPAS, E. Sugar-frosted *Daphnia* : **Na improved fixation technique for Cladocera**. Limnol. Oceanogr. 32:557-559. 1978
- REID, J. W. **Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies, continentais sulamericanas de vida livre – copépoda**.v9 -142p,1985.
- REYNOLDS, C. N.; HUSZAR, V.; KRUK, C., NASELLI-FLORES, U.; MELO, S. **Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton**. Journal of plankton research, v23- n5- p417-428.2002

- RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgar Blücher. 2005.
- SALATI, E.;FILHO, S. E.; SALATI, E.; **Utilização de sistemas de *wetlands* construídas para tratamento de águas**. 2009.
- SERAFIM-JUNIOR;M. BONECKER; C.C., ROSSA, D.C., **Rotifers of the upper Paraná river floodplain: Additions to the checklist**. Brazilian Journal, of Biology., v.63,n2, p207-212, 2003.
- SEZERINO, P. H.; BENTO A. P.; DECEZARO,S. T.; MAGRI M. L.; PHILIPPI, L. S. **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais**, Eng Sanit Ambient, v.20 n.1, 2015, pág: 151-158, 2015.
- SHARMA, R.C.; SINGH,N.; CHAUHAN, A.; **The influence of physico-chemical parameters on phytoplankton distribution in a head water stream of Garhwal Himalayas: A case study**. Egyptian Journal of Aquatic Research. V42-p11-21, 2015
- SILVA, W.J.; NOGUEIRA. I. S.; SOUZA, M. G. M. **Catálogo de diatomáceas da região Centro-Oeste brasileira**. Iheringia, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 66- n. 1- p. 61-86- julho 2011.
- SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento par a avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariuna. Embrapa meio ambiente, p68, 2004.
- TELL, Guillermo, **Euglenophyta Pigmentadas de la Argentina (Bibliotheca Phycologica)**, Lubrecht & Cramer Ltd. p.301. 1986.
- TUNDISI, T. M. **Estudo de diversidade de species de zooplankton lacystre** do estado de são Paulo. In: workshop Bases para a conservação da biodiversidade no estado de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1997.
- RICCI, C., **Dormancy patterns in rotifers**, Hydrobiologia, p1-11, 2011
- KOSTE, W., **Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas**,1972
- MATSUURA. K. **Bioindicadores em ecossistemas**. UNESCO, 2000.  
2004
- BRANDÃO, L.H; DOMINGOS, P. **Fatores ambientais para a floração de cianobactérias tóxicas**, Saúde & Ambiente em Revista, Duque de Caxias, v.1, n.2, p.40-50. 2006.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here?**  
Trends in Ecology and Evolution 24: 201-207. 2009