

**Determinação do estado trófico em ambientes lênticos: relações entre o agente causador e a resposta biológica às alterações ambientais**

FIGUEIREDO, Larissa Cristina Pinto<sup>1</sup>  
 SILVEIRA, Roberta Soares da  
 MELLO, Waldiney Cavalcante de<sup>2</sup>

**RESUMO**

A eutrofização de corpos d'água ocorre com o aumento na concentração dos nutrientes disponíveis na água através do despejo de efluentes. Alguns fatores podem limitar ou favorecer o crescimento de organismos fotossintetizantes em resposta à disponibilidade de nutrientes. Foram comparados resultados em literatura de clorofila-a e fósforo total obtidos em 4 locais, que incluem lagos e reservatórios. A temperatura, regime de chuvas, luminosidade e características morfológicas do ambiente mostraram-se fatores que podem alterar o estado trófico do ambiente.

**Palavras-chave:** eutrofização, clorofila-a, fósforo total, índice de estado trófico.

**Determining of the trophic status in lentic environments: relationships between the causative agents and the biological response to environmental changes**

**ABSTRACT**

The eutrophication of water bodies occurs with the increase in the concentration of nutrients available in the water through the waste dump. Some factors may limit or encourage the growth of photosynthetic organisms in response to nutrient availability. We compared results in literature for chlorophyll-a and total phosphorus obtained in 4 locations which include lakes and reservoirs. The temperature, rainfall, light and environmentally morphological characteristics showed to be factors that can alter the trophic state of the environment.

**Keywords:** eutrophication; chlorophyll-A; total phosphorus; trophic state.

**INTRODUÇÃO**

**O ambiente aquático e os efluentes**

O ambiente aquático está entre um dos ecossistemas mais prejudicados com o crescimento e expansão populacional. Efluentes industriais e esgotos sanitários lançados em lagos e reservatórios são as principais fatores dos impactos ambientais, pois recebem grande aporte de matéria orgânica, nutrientes

---

<sup>1</sup> FIGUEREDO; SILVEIRA, Bach. Centro Universitário Celso Lisboa, Faculdade de Ciências Biológicas;

<sup>2</sup> MELLO, Dr. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Ciências da Natureza.

(principalmente fósforo e nitrogênio), além de substâncias inorgânicas e tóxicas (BEM; BRAGA; AZEVEDO, 2013).

Uma das maiores preocupações em relação à qualidade dos recursos hídricos se dá devido à sua exploração não sustentável, aumento da demanda deste recurso, associado ao crescimento populacional, gerando aumento de resíduos (BUZELLI *apud* BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013; NAVARRO; PIRANHA; PACHECO, 2006). A principal fonte de degradação dos ambientes hídricos são os efluentes lançados *in natura* ou sem o tratamento adequado, estes por sua vez são divididos em fontes pontuais, provenientes de efluentes domésticos e industriais, e fontes difusas que são resíduos gerados na agricultura e escoamento superficial (CETESB, 2009).

A crescente degradação dos recursos hídricos e sua influência na saúde e bem-estar da população fazem com que se torne necessária a criação e aplicação de mecanismos de gestão e monitoramento da qualidade dos ambientes aquáticos. Isso ocorre em função da alteração das características físicas, químicas e biológicas do ambiente acarretadas pela poluição (BRAGA *et al.*, 2005).

O desequilíbrio causado no ecossistema através do despejo de efluentes de diversas fontes acontece devido ao aumento da concentração dos nutrientes presentes na água, que quando superiores às concentrações normais podem afetar seu uso. O processo de eutrofização ocorre devido ao aumento da concentração de nutrientes no meio aquático, especialmente nitrogênio e fósforo, que acarretam o crescimento da produtividade primária, do fitoplâncton e algas macrófitas. Esse processo pode ser natural ou de origem antrópica (artificial). Quando a eutrofização é artificial, ocorre mais rapidamente, causando desequilíbrio ecológico em função do aumento da produção de biomassa planctônica desordenadamente (FERREIRA *et al.*, 2005).

Como consequência desse processo, há o aumento das bactérias heterotróficas responsáveis por decomporem as algas e outros microorganismos mortos causando a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido no meio e redução da biodiversidade (MOURA *et al.*, 2012).

Para a Agência Nacional de Águas (ANA, 2013), é importante definir um parâmetro para indicar a qualidade da água para que seja possível determinar ações de gestão de monitoramento do ambiente. A preocupação com o controle e a qualidade dos recursos hídricos fez com que houvesse a necessidade da criação de

normas como forma de avaliar e classificar do estado em que se encontra o ambiente.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 357/05) o enquadramento consiste em estabelecer uma meta ou objetivo a ser alcançado, de forma obrigatória, em um corpo d'água, levando em conta o seu uso ao longo do tempo.

O presente trabalho se baseia em informações sobre ambientes lênticos de água doce, como lagos e reservatórios, devido à sua importância e representatividade para a população. Águas doces são definidas como águas com salinidade igual ou inferior a 0,5% e ambientes lênticos são aqueles em que o movimento é lento ou estagnado (CONAMA, 2005).

## **Fatores determinantes**

### **Clorofila-A e Fósforo**

A biomassa fitoplanctônica é determinada a partir da medida da concentração de clorofila a no ambiente (SANTOS; CARDOSO, 2010). O fitoplâncton é composto por cianobactérias e microalgas situadas na zona eufótica da coluna d'água. Os organismos do fitoplâncton possuem adaptações para reduzir a velocidade com que afundam, isso devido a sua densidade pouco maior que a da água. O número de indivíduos tende a diminuir de acordo com a profundidade, ocorrendo em maior quantidade na superfície (STEVENSON *et al.*, 1996; FERNANDES; WOSIAK, 2004; ESTEVES, 1988). O fitoplâncton pode ser usado como bioindicador da qualidade da água por responder rapidamente às mudanças ocorridas no meio ambiente de forma natural ou antrópica. A clorofila a é o pigmento fotossintetizante presente com mais frequência nas populações fitoplanctônicas, por esse motivo é mais utilizada em estudos sobre as condições do ecossistema aquático (BASSOI, 2006; MARCIONILIO, 2013).

O fósforo (P) é encontrado no ambiente aquático principalmente na forma de ortofosfato (fosfato inorgânico dissolvido), polifosfato e fosfato orgânico. Esse elemento está presente na água proveniente de origem natural fazendo parte da composição de rochas, escoado através da água da chuva, partículas atmosféricas e organismos em decomposição e de origem antrópica proveniente de efluentes sanitários e industriais, fertilizantes e partículas de indústrias (ESTEVES, 1998; WETZEL, 2001).

Sua forma orgânica na água é de origem fisiológica, enquanto a forma inorgânica é de origem, principalmente, de detergentes e outros produtos químicos. O descarte de produtos de limpeza compõe uma parte significativa de produtos fosfatados nos corpos d'água (ESTEVES, 1998).

De acordo com Fernandes e Wosiak (2004) o fósforo é um componente importante para o metabolismo dos organismos de água doce e faz parte da membrana celular (fosfolipídios). Pouca quantidade é necessária para os organismos, entretanto o acúmulo de fósforo é favorável ao desenvolvimento de algas, considerado o elemento limitante da produção primária (SANTOS; CARDOSO, 2010). E, quando está disponível em grande quantidade, as algas podem absorver mais do que o necessário (MUCCI; SOUZA; VIERIRA, 2003; WETZEL, 1993).

Existe correlação entre a resposta biológica do ambiente à introdução excessiva de nutrientes. Através de análise e obtenção de resultados referentes a esses parâmetros será possível determinar os planos de controle e manutenção do ambiente aquático correspondente e avaliação do seu estado de trofia.

É possível correlacionar a elevação dos níveis de nutrientes decorrentes do excesso de matéria orgânica existente no corpo hídrico e a concentração de biomassa fitoplanctônica? Como as alterações ambientais podem alterar os resultados do Índice de Estado Trófico? Estes questionamentos foram discutidos a partir da hipótese de que o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica não depende apenas da presença de nutrientes.

O presente estudo objetivou correlacionar os agentes causadores do processo de eutrofização com o crescimento da comunidade planctônica em ambientes lênticos, determinando de que maneira essas variáveis alteram a determinação do estado trófico. Além disso, foram discutidas as variáveis que alteram a concentração de fósforo total e clorofila-a em ambientes eutrofizados. Adicionalmente, é exemplificado de que forma são realizadas as análises em laboratório e qual a metodologia utilizada para obter os resultados necessários para a caracterização do ambiente.

Devido ao aumento na geração de resíduos em função do crescimento populacional, o monitoramento das atividades envolvendo o ambiente aquático em questão auxilia no controle para evitar que o ambiente seja totalmente degradado. Esse monitoramento beneficia a população, uma vez que é importante para a saúde

pública a existência de um ambiente saudável. É fundamental a realização das análises e interpretação dos dados obtidos para determinar a qualidade de um corpo hídrico. Dessa forma é possível elaborar metodologias em função do melhoramento da qualidade do local em estudo. É de extrema importância monitorar a qualidade da água para encontrar formas de minimizar os danos causados ao meio ambiente que podem afetar a qualidade de vida da população.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho é baseado em artigos científicos, trabalhos acadêmicos, capítulos de livros e normas técnicas. Todas as fontes foram disponibilizadas através de site de busca. Para encontrar as fontes necessárias para a elaboração foram selecionados trabalhos cujas informações continham resultados de IET em ambientes lênticos, definições sobre eutrofização, clorofila a e fósforo.

A metodologia utilizada para a determinação dos resultados é a comparação das variáveis Clorofila a e Fósforo Total em diferentes pontos de coleta em áreas distintas, para uma melhor interpretação dos dados obtidos.

Existe um procedimento específico de coleta de acordo com objetivo da análise. Alguns fatores podem interferir nos resultados das análises. Sendo assim, é necessário cuidado ao manusear os frascos e equipamentos de coleta para evitar contaminação, cuidado para não levantar sedimentos que podem alterar a característica da amostra, entre outros (SIS Águas, 2009). É importante também levar em consideração as características visuais e morfológicas do ambiente. Depois de coletadas as amostras, estas serão levadas para laboratório para determinar as concentrações das variáveis Clorofila-a e Fósforo Total.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Análises Colorimétricas**

Os métodos colorimétricos são baseados na reação que ocorre entre o composto que está sendo analisado e o reagente, gerando uma solução colorida. A colorimetria pode ser entendida como um método capaz de quantificar a percepção cor através da luz. A composição da luz é medida através de comprimentos de onda, o efeito sobre a cor do objeto e maneira como é modificada a luz que incide sobre o objeto. A técnica utilizada para medir a intensidade da cor de uma solução é a espectrofotometria, com a utilização de um espectrofotômetro (figura), que consiste

na absorção e transmissão da luz ao atravessar uma solução. Sua absorção vai depender da concentração de moléculas capazes de absorver a luz, o restante será transmitido. A intensidade da coloração é proporcional à concentração de moléculas, portanto quanto mais concentrada, maior será a absorção da luz e menor será a transmissão da passagem de luz.

### **Determinação de pigmentos fotossintizantes – Clorofila a,b,c e feoftina-a: método de ensaio.**

O princípio do método é baseado na obtenção da concentração de clorofila por espectrofotometria. O procedimento deve ser realizado evitando o máximo a incidência de luz sobre a amostra. O volume a ser filtrado pode variar de 0,5 a 5L de amostra de acordo com o ambiente. Depois de filtradas as amostras podem ser congeladas por no máximo 28 dias antes da realização da análise.

No processo de extração do pigmento o filtro deve ser colocado em um tubo de centrífuga com a adição de 5mL de acetona a 90%, o filtro então deve ser macerado cuidadosamente e depois adicionados mais 5mL de acetona a 90%. Os tubos devem ser refrigerados por um período de 2 a 24h durante a extração.

Após o período de extração os tubos devem ser centrifugados por 20 minutos a uma velocidade de 3000rpm. Após a centrifugação, ter o máximo de cuidado ao retirar os tubos do aparelho, para não ocorrer a suspensão do material sedimentado.

No espectrofotômetro, ler as amostras em cubeta de 1cm. As leituras são feitas nos comprimentos de onda 750, 664 e 665nm. A leitura feita em 750nm serve para medir a turbidez da amostram, que será descontada das demais leituras para a obtenção do resultado final. A leitura a 664nm é feita para determinação da medida de clorofila-a. Em 665nm é adicionado um volume de 20 a 100µL de ácido clorídrico 0,1N. Esta medida é necessária para determinação de feofitina (produto de degradação da clorofila), que será utilizada na correção do valor de clorofila-a (CETESB, 2014).

### **Determinação de fósforo em águas: método do ácido ascórbico.**

O princípio do método baseia-se na conversão das formas de fósforo em ortofosfato solúvel e posteriormente determinado por colorimetria através do método do ácido ascórbico.

Entre os processos de conversão em ortofosfato solúvel, o processo de digestão transforma o fosfato orgânico suspenso ou combinado, destruindo a matéria orgânica através da adição de um agente oxidante que pode ser ácido perclórico (mais utilizado para lodo), ácido sulfúrico-nítrico (utilizado na maioria dos casos) ou persulfato (mais simples). As amostras devem ser preservadas a 4°C e analisadas em um prazo de até 7 dias.

O método consiste em reagir o ortofosfato presente em solução ácida com o molibdato de amônio (catalizador) e tartarato de antimônio e potássio, formando um ácido fosfomolibdico. A adição do ácido ascórbico reage formando um complexo de coloração azul, cuja intensidade é proporcional à concentração de fósforo na amostra. A leitura é efetuada no comprimento de onda 880nm. Para determinar a concentração de fósforo em uma determinada amostra, é feita a comparação da intensidade da cor obtida com a intensidade da cor de um padrão com uma concentração conhecida. São feitas concentrações crescentes de uma solução padrão, medindo suas absorvâncias, formando uma curva de calibração, a partir da qual será definida a concentração presente na amostra (CETESB, 1978).

### Índice de Estado Trófico

O estado trófico de um ambiente está relacionado ao seu enriquecimento por nutrientes e o efeito sobre o desenvolvimento de algas, excessivamente. Uma das formas de caracterizar o nível trófico de um ambiente aquático é através do Índice de Estado Trófico desenvolvido por Carlson (1997), que tem por finalidade a classificação dos corpos aquáticos em ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico (BEM; BRAGA; AZEVEDO, 2013).

Tabela 1. Adaptado de CETESB

<i>Classificação do Estado Trófico - Ambientes lênticos</i>			
<u>Estado Trófico</u>	<u>IET</u>	<u>Fósforo Total</u> <u>(µg/L)</u>	<u>Clorofila a (µg/L)</u>
<b>Ultraoligotrófico</b>	$IET \leq 47$	$P \leq 8$	$CI \leq 1,17$
<b>Oligotrófico</b>	$47 < IET \leq 52$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CI \leq 3,24$
<b>Mesotrófico</b>	$52 < IET \leq 59$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CI \leq 11,03$
<b>Eutrófico</b>	$59 < IET \leq 63$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CI \leq 30,55$
<b>Supereutrófico</b>	$63 < IET \leq 67$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CI \leq 69,03$
<b>Hipereutrófico</b>	$IET > 67$	$233 < P$	$69,03 < CI$

Para calcular o IET são usadas as variáveis: Clorofila a e Fósforo Total. Sendo a clorofila considerada a resposta do ambiente ao agente causador, relacionada ao crescimento de algas, e a medida de fósforo total considerada o agente causador do processo.

O cálculo do IET total de um ambiente aquático é feito à partir do IET de Clorofila-a (CI) e Fósforo Total(PT).

### **Ambientes Lênticos**

$$\text{IET (CI)} = 10 \times (6 - (10,92 - 0,34 \times (\ln \text{CI} / \ln 2)))$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - (-1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT} / \ln 2)))$$

Onde,

CI: Concentração de clorofila-a em µg/L

PT: Concentração de Fósforo Total em µg/L

In: Logaritmo natural

O IET Final é medido através da média aritmética dos índices de estado trófico relativos às variáveis utilizadas.

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

A partir do resultado obtido nos cálculos de IET será possível classificar o estado de trófico do ambiente de acordo com o definido pela Tabela 1.

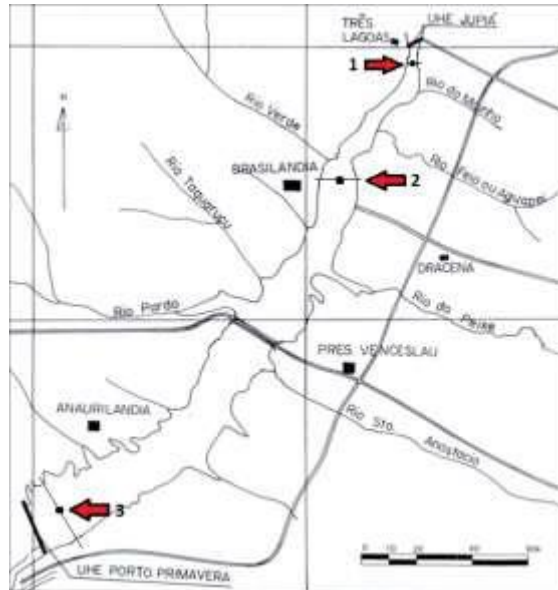
### **Estudo de Caso**

#### **a) Reservatório da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta**

Conhecida também por Porto Primavera localiza-se no Rio Paraná, situado no estado de São Paulo, e apresenta profundidade máxima de 20 metros.

Nesse estudo foram escolhidos 3 pontos de coleta, onde o ponto P1 está situado no meio do rio à jusante da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá); o ponto P2 fica situado no meio do rio à foz do Rio Verde e o ponto P3 fica no meio do rio à montante do Porto Primavera.





**Figura 1. Fonte: LIMA et al. 2012**

Em cada ponto foram feitas duas coletas no período de seca, nos meses de maio e agosto de 2011, e duas coletas no período de chuvas, nos meses de novembro de 2011 e fevereiro de 2012.

A partir das médias dos resultados obtidos foi possível fazer a seguinte comparação:

**Tabela 2. Adaptado de Lima, Souza e Libânio (2012). Média das concentrações de Fósforo Total nos períodos de chuva e seca**

<b>Fósforo Total (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>		
<u>Pontos de Coleta</u>	<u>Período de Chuva</u>	<u>Período de Seca</u>
Ponto 1	27,65	16,53
Ponto 2	34,63	14,85
Ponto 3	25,2	14,72

**Tabela 3. Adaptado de Lima, Souza e Libânio (2012). Média das concentrações de Clorofila-a nos períodos de chuva e seca**

<b>Clorofila-a (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>		
<u>Pontos de Coleta</u>	<u>Período de Chuva</u>	<u>Período de Seca</u>
Ponto 1	1,81	1,3
Ponto 2	1,25	0,78
Ponto 3	1,48	0,39

Analisando os resultados obtidos podemos perceber que as concentrações mais altas são encontradas no período de chuva em todos os pontos em ambas as variáveis. Já no período de seca é possível observar a diminuição dos valores tanto de Clorofila-a como de Fósforo Total em todos os pontos. Isso ocorre em consequência do aporte de nutriente levado pela água da chuva (LIMA; SOUZA; LIBÂNIO, 2012). De acordo com Lamparelli (2004), um ambiente que apresentar o IET (CI) menor que o IET (PT) tem o processo de eutrofização limitado por fatores ambientais como temperatura e transparência. Podemos afirmar que, nesse caso, a eutrofização é limitada por fatores ambientais em todos os pontos.

### **Reservatório de Barra Bonita, SP**

A coleta das amostras foi feita próxima à barragem do reservatório em período de seca, no mês de setembro do ano de 2011. No período de chuva, a coleta foi feita no mês de fevereiro do ano de 2012. A profundidade máxima do ponto de coleta é de 15 metros. Existem centros urbanos e extensas áreas de atividades agrícolas.

**Tabela 4. Média das concentrações de Fósforo Total nos períodos a de seca e chuva.**

<b>Fósforo Total (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>		
<u>Ponto de Coleta</u>	<u>Período de Chuva</u>	<u>Período de Seca</u>
Ponto 1	80	210

**Tabela 5. Média das concentrações de Clorofila-a nos períodos a de seca e chuva.**

<b>Clorofila-a (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>		
<u>Ponto de Coleta</u>	<u>Período de Chuva</u>	<u>Período de Seca</u>
Ponto 1	87,61	214,94

É possível observar o aumento de ambas as variáveis no período de seca em relação ao período de chuva. Buzelli *apud* Buzelli e Cunha-Santino (2013) afirmam em seu estudo que as concentrações foram mais elevadas no período de seca em função da presença, principalmente, de fertilizantes e esgotos domésticos e da

ausência de chuvas, não havendo, nesse caso, diluição dos nutrientes. A elevação da atividade plantônica no período de seca deve ser influenciada por processos de decomposição. Em função das chuvas, há aumento da turbidez da água, influenciando a movimentação do sedimento, o que contribui para a redução da atividade fitoplanctônica em função da diminuição da incidência de luz.

### **Lago Barigui, PR**

Caracterizado por apresentar profundidades baixas variando entre 0,1m e 1,85m. Foram feitas coletas em 2 pontos, sendo um deles com característica de ambiente lótico, o outro com característica de ambiente lêntico. As coletas foram feitas em 4 períodos distintos, com o objetivo de avaliar a sazonalidade das concentrações. A primeira coleta foi feita no mês de abril de 2008, a segunda coleta no mês de junho de 2008, a terceira coleta no mês de setembro de 2008 e a quarta coleta no mês de dezembro de 2008.

O ponto escolhido para análise foi o segundo ponto, cuja coleta de amostra foi feita na superfície da coluna d'água localizado no meio do lago, onde a profundidade é de 1,5m. A área de estudo sofre influência de áreas urbanas, industriais e agrícolas.

**Tabela 6. Adaptado de Bem, Braga e Azevedo (2009). Média das concentrações de Fósforo Total obtidas nos pontos de coleta do Lago Barigui**

Coleta	Fósforo Total ( $\mu\text{g/L}$ )
1 <sup>a</sup>	190
2 <sup>a</sup>	180
3 <sup>a</sup>	340
4 <sup>a</sup>	170

**Tabela 7. Adaptado de Bem, Braga e Azevedo (2009). Média das concentrações de Clorofila-a obtidas nos pontos de coleta do Lago Barigui**

Coleta	Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )
1 <sup>a</sup>	1,18
2 <sup>a</sup>	3,92
3 <sup>a</sup>	10,22
4 <sup>a</sup>	1

Observa-se que em três de quatro pontos existe um padrão de relação entre as variáveis, onde as concentrações variam de acordo com a época da coleta. Para Bem, Braga e Azevedo (2009), as concentrações de clorofila a variam de acordo com a estação do ano. Como é possível observar na 3ª coleta realizada, onde os valores apresentaram um aumento representativo devido à estação do ano (Primavera) que possui condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento de algas naturalmente.

No ponto da 2ª coleta, a concentração de clorofila apresenta aumento em relação à 1ª coleta, enquanto a concentração de fósforo total apresenta decréscimo em relação à 1ª coleta nesse mesmo ponto. Segundo Bem, Braga e Azevedo (2009), esse fator indica que o fósforo total não apresenta relação com o crescimento fitoplanctônico sendo, portanto, um nutriente potencial de eutrofização.

### **Reservatório de Bodocongó, PB**

O reservatório fica localizado na região Semi-Árida do nordeste, sua profundidade média é de 4,5m. As coletas foram feitas mensalmente de novembro de 2011 a agosto de 2012 em três estações. A área é caracterizada pela falta de mata ciliar e despejo de esgoto sem tratamento das cidades ao redor.

**Tabela 8. Adaptado de Moura et al. (2012). Média das concentrações de Fósforo Total obtidas nos pontos de coleta do Reservatório de Bodocongó**

Pontos de coleta	Fósforo Total ( $\mu\text{g/L}$ )
E1	479
E2	719,92
E3	719,17

**Tabela 9. Adaptado de Moura et al. (2012). Média das concentrações de Clorofila-a obtidas nos pontos de coleta do Reservatório de Bodocongó**

Pontos de coleta	Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )
E1	16,99
E2	17,46
E3	13,17

É possível observar padrão de aumento e decréscimo de clorofila-a e Fósforo Total em todos os pontos de coleta. De acordo com Moura *et al.* (2012) não houve alteração de temperatura ao longo do período de amostragem, em torno de 15° em todas as estações. As concentrações de oxigênio dissolvido foram relativamente baixas em todas as estações e com pouca variação nos níveis de pH entre elas.

Não foi possível avaliar a influência da sazonalidade nesse estudo, pois as condições se mantiveram homogêneas durante os meses de estudo.

Foram avaliadas quatro diferentes áreas de ambiente lântico, em que as características físico-químicas são distintas.

No Reservatório da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, que foi o primeiro estudo, as concentrações de fósforo total no período de chuvas classificam o ambiente como mesotrófico. Já no período de seca o ambiente é classificado como oligotrófico. Quando avaliadas as concentrações de clorofila-a no período de chuvas e no ponto 1 no período de seca, o ambiente é classificado como oligotrófico. Já os pontos 2 e 3 no período de seca, são classificados como ultraoligotróficos.

No Reservatório de Barra Bonita, segundo estudo, tanto no período de chuvas quanto no período de seca, o ambiente é classificado como hipereutrófico em relação à concentração de clorofila-a. Em relação à concentração de fósforo total no período de chuvas, o ambiente é classificado como eutrófico, e no período de seca é supereutrófico.

No Lago Barigui, terceiro estudo, no ponto 1, de acordo com concentração de clorofila-a o ambiente é classificado como oligotrófico, e o fósforo total como supereutrófico. No ponto 2, tem como classificação de ambiente mesotrófico para a clorofila e supereutrófico para fósforo total. No ponto 3, a concentração de clorofila-a classifica como mesotrófico e hipertrófico para fósforo total. Já no ponto 4, tem como classificação ultraoligotrófico para o parâmetro clorofila-a e para fósforo total como supereutrófico.

No Reservatório de Bodocongó, quarto estudo, a concentração de clorofila classifica o ambiente como eutrófico em todos os pontos. Já a concentração de fósforo total classifica o ambiente como hipereutrófico em todos os pontos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com os estudos revisados, é possível encontrar ligação entre a presença de fósforo e a produção de clorofila proveniente da atividade

fitoplanctônica. Fica evidente a influência dos fatores externos sobre a qualidade da água, como a presença de áreas com intensa urbanização, indústrias e atividades agrícolas ao redor despejando efluentes nos corpos hídricos adjacentes, sem tratamento ou tratamento insuficiente.

A presença de fósforo na água torna o ambiente propício para o desenvolvimento de algas macrófitas e microscópicas, entretanto devido aos fatores abióticos, a concentração das variáveis responsáveis pela determinação do estado de trofia do ambiente pode sofrer alteração, fazendo com que o sistema apresente diferentes classificações.

Entre os fatores de maior influência sobre a atividade do fitoplâncton estão a atividade pluviométrica, temperatura ambiente, luminosidade, sazonalidade, características estruturais do ambiente.

Com relação a ação das chuvas, esta pode ser favorável ao melhoramento da qualidade do corpo hídrico sendo responsável pela diluição da concentração dos nutrientes existentes na água ou também pode ser responsável pelo enriquecimento por nutrientes no ambiente através do carreamento de águas superficiais ricas em nutrientes. Quanto à temperatura, quando esta se encontra elevada é favorável ao crescimento de organismos responsáveis pelo aumento na concentração de clorofila-a (ESTEVEES, 1998).

A luminosidade é influenciada pelo aumento de sólidos que vão dificultar a incidência de luz, conseqüentemente, diminuindo a atividade fotossintética (BUZZELLI *apud* BUZZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). As alterações ambientais características de cada estação do ano podem influenciar também na maneira como o corpo hídrico reage, como, por exemplo, na época do ano que é mais favorável ao crescimento de plantas. E, por fim, as características do ambiente como a circulação da água também estão relacionadas à relação da concentração de nutrientes com a resposta biológica, pois em ambientes lênticos, cuja velocidade da corrente é de 0,001 a 0,01m s<sup>-2</sup>, a concentração dos nutrientes tende a ser maior se comparada a ambientes lóticos, onde a velocidade da corrente varia de 0,1 a 1m s<sup>-2</sup>, aumentando a circulação da água, causando diluição nos nutrientes presentes (SIS Águas, 2009).

Levando em conta o levantamento dessas informações, foi possível concluir e a concentração de nutrientes é um fator potencial de eutrofização, entretanto, nem sempre é o fator limitante do processo, pois de acordo com Lamparelli (2004) quando a classificação do nível de trofia do ambiente através da concentração de

fósforo for superior à classificação através da concentração de clorofila-a, existe algum fator limitante, entretanto quando ocorre o inverso as condições são favoráveis à produtividade primária demonstrando baixo grau de limitação.

Por fim, percebemos a importância do monitoramento da qualidade das águas das cidades para preservar e garantir a manutenção e o bom uso dos recursos hídricos disponíveis para a população. A análise e interpretação dos resultados permitem a elaboração de metas a serem atingidas visando o melhoramento da qualidade da água, em função, sobretudo, da saúde e bem estar.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) **Índice de qualidades das águas**. Portal da qualidade das águas. Brasil, 2013. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> Acesso em: 10 maio 2015.

BASSOI, L. J. **Índices de Comunidades Biológicas para avaliação da qualidade das águas com vistas à preservação da vida aquática**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. CETESB. 2006, 04-05p.

BEM, C. C. AZEVEDO, J. C. R.; BRAGA, M. C. B. Aplicação e análise dos índices de estado trófico (IET): estudo de caso do lago Barigui. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Curitiba- PR, 2009.

\_\_\_\_\_. Avaliação do estado trófico de um lago urbano raso. **REGA**, v.10, n. 1, p.41-50, jan./jun. 2013.

BRAGA, B. *et al.* In: **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Prentice Hall Eds., 2005.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CARLSON, R.E. (1977). **A trophic state index for lakes**. *Limnol. Oceanogr.* n.22, p. 361-369.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Determinação de fósforo em águas: método do ácido ascórbico**, L5.128. Jan/1978.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Variáveis de qualidade de água**. São Paulo, 2009.

\_\_\_\_\_. **Determinação de pigmentos fotossintetizantes – Clorofila a,b,c e feofitina-a: método de ensaio**, L5.306. Fev/2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Resolução No 357, de 17 de março de 2005**. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63.

ESTEVEES, F. de A. Considerações sobre a aplicação da tipologia de lagos temperados a lagos tropicais. **Acta Limnologica Brasiliensia** 2: 3-28, 1988.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de limnologia**. 3º edição. Rio de Janeiro: Inter Ciência, 2011.

FERNANDES, L.; WOSIAK, A. C. (2004). **Comunidades Fitoplanctônicas em ambientes lênticos**. Anhanguera Educacional SA. Faculdade Anhanguera de Anápolis. 10 (1). 2010.

FERREIRA, R. M. et al. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais, In: FERREIRA, R. M. et al. (Orgs.) **Lições de limnologia**. São Carlos: RIMA, p. 229-242, 2005.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento**. 238 p. Tese (Doutorado)- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LIMA, L.; SOUZA, B. P.; LIBÂNIO, M. Avaliação sazonal e espacial do estado trófico de um reservatório no noroeste paulista. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2012.

MARCIONILIO, S. M. L. O. **Tendências na literatura científica, determinantes locais e regionais da clorofila-a e estado trófico em lagoas de planície de inundação**. UEG. Goiás, 2013.

MOURA, G. C. et al. Evolução do estado trófico do reservatório de Bodocongó, semiárido, BRASIL. **Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia**. UEPB. 2012.

MUCCI, J. L. N., SOUZA, A., VIERIRA, A. M. **Estudo Ecológico do Parque Guaracia-ba em Santo André-São Paulo**. v. 9, n. 1, jan/mar, p.13-25, 2004.

NAVARRO, A. L. S; PIRANHA, J. M.; PACHECO, A. **Estudo de indicadores da qualidade da água em manancial superficial de abastecimento público**. **Rev. Ciênc. Ext.** v.3, n.1, p.81, 2006.

SANTOS, D. O.; CARDOSO, R. C., **Avaliação da qualidade da água através do índice de comunidade fitoplanctônica (ICF) e variáveis físico-químicas do Lago Tirolesa, Teresópolis de Goiás, Goiás**. Anhanguera Educacional S.A. Faculdade Anhanguera de Anápolis. v. X, n. N, 2010.



STEVENSON, R.J. An Introduction to Algal Ecology in Freshwater Benthic Habitats. In: STEVENSON, R. J. et al. (Ed.). **Algal Ecology**: freshwater benthic ecosystems. San Diego: Academic Press, cap. 1, p. 3-30, 1996.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1993.

\_\_\_\_\_; LIKENS, G. E. **Limnological analysis**. 2 ed. New York: Springer Verlag, 2001.