

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – CAMPUS ARAQUARI
João Gabriel Schonrock, Jorge Luiz de Miranda Jr., Luan Krüger, Ruan
Augusto Lobo Rodrigues e Willian Enoré do Espírito Santo

Análise da concentração de amônia e fosfato do lago Lavoisier do
IFC - Câmpus Araquari

ARAQUARI/SC

2017

João Gabriel Schonrock, Jorge Luiz de Miranda Jr., Luan Krüger, Ruan Augusto Lobo Rodrigues e Willian Enoré do Espírito Santo

**Análise da concentração de amônia e fósforo do lago Lavoisier do
IFC - Câmpus Araquari**

Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto Federal Catarinense – Câmpus Araquari como parte complementar à matriz curricular do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

Orientadora: Fernanda Witt Cidade

Co-orientador: José L. Nogueira

ARAQUARI/SC

2017

RESUMO

Neste trabalho foram analisados os níveis de Amônia e fósforo total do lago Lavoisier do Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari, sendo esses componentes extremamente nocivos para o meio aquático, pois acarretam o processo de eutrofização. Para a análise desses componentes foram utilizados kits específicos para cada tipo de análise. Os dados obtidos a partir das análises no mês de outubro de 2017 indicam que as concentrações dos nutrientes analisados se encontram um pouco acima do permitido pela CONAMA nº357, o lago Lavoisier pode vir a sofrer o processo de eutrofização, sendo o indicador deste fato o fósforo ter uma concentração 5,94 vezes maior à permitida pelo CONAMA nº357, e Amônia 1,012 vezes, que por sua vez se degrada facilmente virando outros compostos. Para decidir se o lago está eutrofizado ou não, será necessário fazer outras análises, como DBO, DQO, Nitrogênio total entre outras.

Palavras-chave: Eutrofização, Amônia, Fósforo Total.

ABSTRACT

In this work the levels of ammonia and total phosphorus of Lake Lavoisier of the Federal Institute of Catarinense - Araquari Campus were analyzed, being these components extremely harmful to the aquatic environment, since they entail the eutrophication process. For the analysis of these components specific kits were used for each type of analysis. The data obtained from the analyzes in October 2017 indicate that the concentrations of nutrients analyzed are slightly above that allowed by CONAMA n° 357, Lake Lavoisier may undergo the process of eutrophication, being the indicator of this fact the phosphorus have a concentration 5.94 times greater than that allowed by CONAMA n°357, and Amônia 1.012 times, which in turn easily degrades by turning other compounds. In order to decide whether the lake is eutrophic or not, it will be necessary to make other analyzes, such as DBO, DQO, total Nitrogen, among others.

Keywords: Eutrophication, Ammonia, Total Phosphorus.

SUMARIO

1. TEMA.....	5
1.1. Delimitação do tema.....	5
2. PROBLEMA.....	5
3. OBJETIVO GERAL.....	5
3.1. Objetivos específicos.....	5
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
5.1 Lago Lavoisier.....	7
5.2. Classificação das água.....	7
5.3. Eutrofização.....	8
5.3.1 Nitrogênio.....	9
5.3.2. Fosforo.....	9
5.4. Hidroponia.....	10
5.5. Biorremediação de efluentes.....	11
6. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	11
7.RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
8. CONCLUSÃO.....	14
9. REFERÊNCIAS.....	15

1. TEMA

Análise do lago Lavoisier localizado no IFC - Campus Araquari.

1.1. Delimitação do tema

Análise da concentração de amônia e fósforo total presentes no lago Lavoisier, localizado no IFC - Campus Araquari.

2. PROBLEMA

A eutrofização consiste no aporte excessivo de nutrientes, provenientes de despejo inadequado de efluentes contendo grande quantidade de substâncias que favorecem o crescimento de algas, onde, em excesso, dificulta a vida da biota aquática e causa o desequilíbrio do sistema. Isso faz com que a água do meio, perca as condições favoráveis para o crescimento e reprodução de seres aquáticos, além de impossibilitá-lo de ser utilizado para outros fins. Para que tal processo não ocorra é necessário que as concentrações destes compostos se mantenham em condições adequadas.

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar os níveis de alguns nutrientes do lago Lavoisier do Instituto Federal Catarinense Campus Araquari e comparar com as normas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº357 e especular a quantidade de ciclos de diversas plantas como forma de biorremediação.

3.1. Objetivos específicos

- Avaliar concentração de amônia;
- Avaliar concentração de fosfato;
- Estimar a quantidade de ciclos da cultura de diversas plantas para possível tratamento do lago.

4. INTRODUÇÃO

Atualmente, o grande aumento da população e a multiplicação de atividades que envolvem geração de rejeitos - indústria, agricultura, etc - do ser humano, tem se destacado como os principais causadores de problemas ambientais. Resíduos provenientes de atividades industriais, agrícolas, até mesmo do ambiente doméstico, que são descartados de forma irregular e sem tratamento diretamente no solo ou em corpos d'água, gerando um desequilíbrio na vida aquática como um todo, pela alta concentração de alguns nutrientes que estes acarretam.

Segundo ESTEVES(1998) a eutrofização é o excesso de nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo, em corpos d'água, decorrente de processos naturais ou artificiais. O processo natural é lento e ocorre devido à ação das chuvas e de escoamentos. O processo forçado é quando a ação direta ou indireta do ser humano. O aumento da concentração de nutrientes, principalmente em ambientes lênticos, pode levar ao estado de eutrofização (VON SPERLING, 1994).

Muitos dos resíduos descartados apresentam altas concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P), em forma de outros compostos. Esses compostos chamam mais atenção pelo fato de servirem como excelentes nutrientes para algas e microalgas, que se proliferam com muito mais rapidez quando os níveis são maiores (CETESB, 2009; RESENDE, 2002).

Existem técnicas capazes de tornar possível a biorremediação de meios aquáticos ricos em nutrientes. O sistema de cultivo de hortaliças utilizando somente um meio aquoso rico em nutrientes, sem a utilização de solo, a hidroponia, é amplamente utilizado no Brasil e no mundo. Podendo ser utilizada como uma técnica alternativa para diminuir as concentrações de compostos, nutrientes, que poderiam desencadear o processos de eutrofização, seu rápido crescimento e pela facilidade de retirada das lagoas (Bezerra Neto & Barreto, 2000), podendo ainda assim utilizar outras plantas de pequeno porte para contribuir para renda do produtor (CASTELLANE,1995).

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 Lago Lavoisier

O lago Lavoisier fica localizado no Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari, encontra-se ao lado da UEA - Aquicultura do instituto, pode ser considerado um corpo d'água doce lântico, pela controle de água de entrada e saída que sofre, para melhor compreensão ver Figura 1.

Figura 1: Foto do Lago Lavoisier



Fonte: Autores

5.2. Classificação das água

As águas são classificadas através de algumas propriedades físicas e químicas, tais como salinidade, turbidez, entre outros. Com base na Resolução nº357 da CONAMA as águas são classificadas em:

- Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
- Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;
- Ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;
- Ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;
- Aquicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático.

5.3. Eutrofização

A eutrofização é a adição de nutrientes, especialmente o nitrogênio e o fósforo, em corpos d'água, decorrente de processos naturais ou artificiais. O processo natural é lento e ocorre por conta das chuvas e de escoamentos que lavam e desgastam a superfície do solo. O processo artificial é quando a ação direta ou indireta do ser humano que pode ocorrer por atividades agrícolas, efluentes industriais e efluentes domésticos (ESTEVEZ, 1998).

Os corpos d'água podem ser classificados pelo índice do estado trófico (IET) que avalia a qualidade da água de lagos e represas em relação ao enriquecimento por nutrientes, apresentado pela tabela 1 (LAMPARELLI, 2004).

Tabela 1 - Índice de estado trófico

IET	Estado eutrófico	Principais características
≤ 24	Ultraoligotrófico	Baixa produtividade e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam prejuízos.
$24 < \text{IET} \leq 44$	Oligotrófico	Baixa produtividade e baixas concentrações de nutrientes que não acarreta interferências indesejáveis.
$44 < \text{IET} \leq 54$	Mesotrófico	Produtividade intermediária e concentrações de nutrientes média que podem acarretar interferências mas em níveis aceitáveis.
$54 < \text{IET} \leq 74$	Eutrófico	Alta produtivamente, altas concentrações de nutrientes e que sofre interferências indesejáveis com frequência.
> 74	Hipereutrófico	Elevadas concentrações de nutrientes e matéria orgânica que ocasiona desequilíbrio nas comunidades aquáticas.

Fontes: Lamparelli (2004) e portalpnqa.ana.gov.br

Segundo Lamparelli (2004) os valores do índice são calculados a partir dos valores de fósforo e de clorofila α , que pode ser entendido como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o principal causador do processo. Pelas seguintes equações é possível calcular o IET.

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

Sendo:

$$\text{IET}(\text{P}) = 10 \{6 - [\ln(80,32/\text{P}) / \ln 2]\}$$

$$\text{IET}(\text{CL}) = 10 \{6 - [(2,04 - 0,695 \ln \text{CL}) / \ln 2]\}$$

onde:

P = concentração de fósforo total medida à superfície da água, expressa em $\mu\text{g/L}$.

CL = concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, expressa em $\mu\text{g/L}$.

Segundo Esteves (1998) mudanças repentinas de classificação das concentrações de nutrientes podem ser consideradas um tipo de poluição, pela mudança de quantidades e qualidade das comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do sistema.

À medida que as concentrações de nutrientes aumentam há uma contribuição para aumento da produção de matéria orgânica no sistema, com elevação da biomassa fitoplanctônica e um crescimento na produção de algas. Como consequência do aumento da massa de fitoplânctons há uma redução na transparência da água que dificulta as camadas inferiores de vida e com o aumento da concentração dos detritos orgânicos a uma maior dificuldade para outros seres vivos viverem no mesmo corpo d'água, pois para esta matéria seja quebrada utiliza-se oxigênio que pode ocasiona a produção de metano e gás sulfídrico (ESTEVES, 1998; MACEDO, 2010).

5.3.1 Nitrogênio

Dentre muitas formas em que podemos encontrar o nitrogênio, pode-se destacar a presença de amônia (NH_3) nos efluentes hídricos, pelo fato de esta ser encontrado em grande quantidade (RESENDE, 2002). O nitrogênio é um elemento que pode ser oxidado a nitritos (NO_2^-) e ou nitratos (NO_3^-) os quais são produzidos por bactérias nitrificantes presentes tanto em efluentes hídricos, quanto no solo (MARTINS, 2003), e são amplamente utilizados pelos microrganismos como nutrientes. Em relação a este processo, o NH_3 em excesso nos rios e lagos, acaba ocasionando um aumento exponencial na concentração de nitratos, e consequentemente da quantidade matéria orgânico formada no final.

5.3.2. Fosforo

O fósforo assim como o nitrogênio, é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela biodegradação da matéria orgânica e também para o crescimento de algas, o que pode favorecer o aparecimento da eutrofização dos mananciais. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó pregados em larga escala domesticamente

constituem a principal fonte do fósforo. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2009).

Segundo CETESB(2009) o fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes:

- Os fosfatos orgânicos (ATP, DNA, Fosfolipídios, etc..) solúveis (matéria orgânica dissolvida) ou particulados (biomassa de micro-organismos) que possuem fósforo nas suas moléculas.

- Os ortofosfatos (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) são representados pelos radicais, que combinados com cátions formando sais inorgânicos (ou sais de fósforo) ou por particulado (compostos minerais, como apatita). A fração mais significativa no estudo do fósforo é a inorgânica solúvel, que pode ser diretamente assimilada para o crescimento de algas macrófitas.

- E os polifosfatos, ou fosfatos condensados (lineares de fórmula geral $[\text{PnO}_3\text{n}+1](\text{n}+2)^-$ e os cíclicos, $[\text{PnO}_3\text{n}]^{\text{n}-}$, polímeros de ortofosfatos (CETESB, 2009).

5.4. Hidroponia

De acordo com a etimologia, o termo hidroponia (do grego: *hydro* = água e *ponos* = trabalho) quer dizer trabalho com água, no entanto hidroponia é o conjunto de técnicas aplicadas no cultivo de plantas sem a presença do solo, sendo que os nutrientes essenciais sejam fornecidos através de uma solução rica em nutrientes. “As plantas alimentam-se da água e de elementos nela dissolvidos, que se encontram na terra. Quando conseguirmos descobrir quais são esses elementos, poderemos prescindir da terra, para cultivá-las” (Martins, R.V.).

Por princípio, todas as espécies vegetais podem ser cultivadas hidroponicamente, no entanto, em termos agronômicos e econômicos, as espécies mais adequadas ao cultivo hidropônico são as de pequeno porte (Bezerra Neto & Barreto, 2000). Na literatura existem relatos de diversas espécies sendo cultivadas em escala comercial, como as hortaliças, os condimentares, medicinais, entre outras espécies (CASTELLANE,1995).

As plantas cultivadas em hidroponia necessitam em geral de oxigênio, hidrogênio e carbono, disponíveis na água e na atmosfera; nitrogênio, disponível também na atmosfera, mas de limitada absorção pelos vegetais superiores, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, e enxofre (micronutrientes); e cloro, ferro, manganês, boro, zinco, cobre e molibdênio (micronutrientes); tais nutrientes (macro e micronutrientes) são ofertados às plantas através de uma solução nutritiva de água (FERRI, 1979).

5.5. Biorremediação de efluentes

A utilização de plantas no tratamento de efluentes com alta concentração de nutrientes justifica-se pela sua intensa absorção destes nutrientes e pelo seu rápido crescimento, como também por oferecer facilidade na sua retirada do local e ainda pelas amplas possibilidades de aproveitamento da biomassa escolhida (ROMITELLI, 1983; GRANATO, 1995).

Plantas e quantidade de alguns macronutrientes utilizados em seus ciclos de desenvolvimento durante o cultivo hidropônico:

- A alface (*Lactuca sativa* L.) segundo MALALA(2009) usa em seu ciclo cerca de 295,4 gramas de nitrogênio, 31,9 gramas de fósforo;
- O tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) segundo FERNANDES(1975) usa em seu ciclo cerca de 1.066 miligramas, 83,5 miligramas de fósforo;
- O morango segundo GIMÉNEZ(2008) usa em seu ciclo 3 gramas de nitrogênio, 0,80 gramas de fósforo.

6. METODOLOGIA DE PESQUISA

Foram selecionados seis pontos de amostragem ao longo do lago Lavoisier, localizado no Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari:

- I. Na entrada;
- II. Após a entrada, na camada superficial;
- III. No meio do lago, na camada superficial;
- IV. No meio do lago, a 30 centímetros abaixo da superfície;
- V. Na saída, na camada superficial;

VI. Na saída, a 30 centímetros abaixo da superfície.

Foram feitas 3 coletas semanais no mês de outubro de 2017, utilizando Erlenmeyer de 200 ml para a coleta das amostras na encosta do lago em períodos de menor precipitação pluviométrica e levadas, imediatamente, para o Laboratório de Química localizado no IFC Campus Araquari.

Antes da análise foi medido a temperatura, precedendo a filtração a vácuo para reter o material particulado e imediatamente iniciadas as análises de Fósforo Total e Amônia.

Para a análise de Fósforo Total foi utilizado o kit da HACH High Range Total Phosphate Reagent Set 27672-45, método 10127. O procedimento do método consiste em fazer uma solução no frasco H-314, sendo um frasco com água deionizada para o controle e os demais para a análise das amostras, adicionando 5 mL de amostra, um pacote de persulfato de potássio, agitando até dissolver, colocar 30 minutos na estufa em 150 °C, após a retirada da solução da estufa esperar esfriar a 25 °C, ao chegar a temperatura desejada adicionar 2 mL de hidróxido de sódio 1,54 M, adicionar 0,5 mL de molibdovanadato, agitar até obter uma solução homogênea, feito isso a solução está pronta para análise a qual deve-se esperar entre 7 e 9 minutos em seguida colocar em um Fotocolorímetro, primeiramente zerando com o controle e em seguida analisando as amostras.

Para a análise de Amônia foi utilizado o kit da HACH High Range Ammonia Reagent Set 26069-45, método 10031. O procedimento do método consiste em fazer uma solução no frasco de NH₃ - N, sendo um frasco com água deionizada para o controle e os demais para a análise das amostras, adicionando 0,1 mL de amostra, um pacote de salicilato de amônia, um pacote de cianurato de amônia, agitar até dissolver, esperar 20 minutos em seguida zerar o equipamento com o controle e iniciar as análises.

7.RESULTADOS E DISCUSSÕES

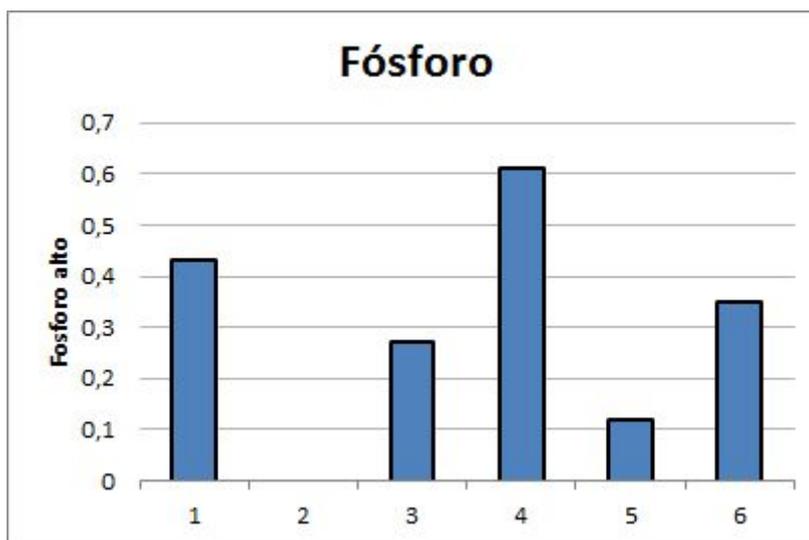
Os dados apresentados na Tabela 2 são os resultados das médias obtidas a partir das análises feitas em três dias diferentes com intervalo de uma semana e valores de concentração estabelecidos pela CONAMA nº 357.

Tabela 2 - Médias das análises e valores estabelecidos pela CONAMA n° 357

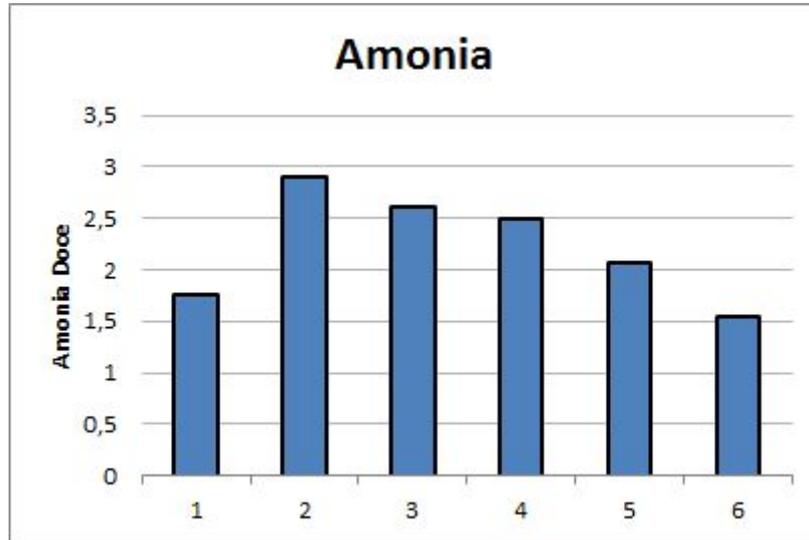
Locais	Amônia (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Temperatura (°C)
Saída	1.75	0.43	24.6
Saída fundo (30 cm)	2.91	0	24.6
Meio	2.61	0.27	24.5
Meio fundo (30 cm)	2.5	0.61	24.7
Pós entrada	2.06	0.12	24.3
Entrada	1.54	0.35	24.5
Média das análises	2.228	0.297	24.533
Dados CONAMA n°357	2.2	0,05	-

Fonte: Autores e CONAMA n° 357

Os gráficos 1 e 2 representam a concentração de fósforo e amônia detectados nos pontos de coleta.



Fonte: Autores (2017)



Fonte: Autores (2017)

Com base nos resultados pode-se especular que o sistema está prestes a entrar em processo de eutrofização, pois a concentração do fosfato está 5,94 vezes maior que os valores estabelecidos pela CONAMA nº 357 e a concentração de amônia está 1,012 maior que os valores estabelecidos sendo esta concentração minimamente superior aos valores da CONAMA nº357.

Para o sistema que possui uma concentração maior de fosfato e amônia pode ser utilizado algumas plantas em sistema hidropônico que demandam uma grande quantidade de fosfato, alface por exemplo, é uma planta que consome cerca de 31,9 gramas de fosfato em seu ciclo.

8. CONCLUSÃO

Conclui-se então que o meio pode estar entrando em processo de eutrofização, porém para tal afirmação ser possível é necessário outras análises como a de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), nitrogênio total, turbidez entre outras. Para reduzir a concentração de fosfato no sistema, que possui concentração maior do que a permitida pela CONAMA nº 357 pode-se utilizar um cultivo hidropônico em particular da alface tendo em vista seu maior consumo de fósforo.

9. REFERÊNCIAS

BEZERRA NETO, E. & BARRETO, L.P. **Técnicas de cultivo hidropônico**. Recife. UFRPE. 2000.

CASTELLANE, Paulo Donato; DE ARAUJO, Jairo Augusto Campos. **Cultivo sem solo-hidroponia**. Funep, 1995.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em 05 mai. 2017.

CONAMA, RESOLUÇÃO. nº 357. disponível em <<http://www.mmtot.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=43>>. Acessado em 04/11/2017.

ESTEVES, Francisco de Assis. 1950 – **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FERNANDES, Pedro Dantas et al. Nutrição mineral de hortaliças: XXVII-absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), em cultivo rasteiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 32, p. 595-608, 1975.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal 1**, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 1979.

GIMÉNEZ, Gustavo; ANDRIOLO, Jerônimo; GODOI, Rodrigo. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, 2008.

GRANATO, M. Utilização do aguapé no tratamento de efluentes com cianetos. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, **Série Tecnologia Ambiental**, V. 5, p. 1-39, 1995.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia, 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAUBA-TAVARES, Lucia H. **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações**. Bol. Inst. Pesca, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MALALA MARTINS, C. et al. **Curva de absorção de nutrientes em alface hidropônica**. Revista caatinga, v. 22, n. 4, 2009.

MANUAL DE PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS LABORATORIAIS VOLTADO PARA ANÁLISES DE ÁGUAS E ESGOTOS SANITÁRIO E INDUSTRIAL. 2004. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnicas%20de%20Laboratorio_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2017.

MARTINS, Claudia Rocha, et al. **Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: A importância na Química da Atmosfera**. Química Nova na Escola, Nº 5, Novembro, 2003.

MARTINS, R.V. História da Hidroponia. Associação Brasileira de Hidroponia, s.d. Disponível em:<<http://www.hydor.eng.br/HISTORIA/C1-P.pdf>> Acesso em 27 abr. 2017.

MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. Viçosa**. UFV. 2002.

MEDEIROS, R.M.L.; S.R.U.R.; A.U.O.S.; PINTO, C.L.S.R. **Estudo da biomassa de aguapé, para produção do seu concentrado proteico**. Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 2, n. 19, p. 226-230, 1999.

RESENDE, Álvaro Vilela. **Agricultura e Qualidade da água: Contaminação da água por nitrato**. Planaltina, Distrito Federal, Dezembro, 2002.

RIVERA, Elmer Alberto Ccopa. **Modelo sistêmico para compreender o processo de eutrofização em um reservatório de água**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.

ROMITELLI, M.S. **Remoção de fósforo em efluentes secundários com emprego de macrófitas aquáticas do gênero *Eichhornia***. Revista DAE, 133: 66-68, 1983.

PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS. Disponível em: <portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso em 01 mai 2017.

VON SPERLING, E. **Avaliação do estado trófico de lagos e reservatórios tropicais**. Bio Engenharia Sanitária e Ambiental. Ano III – nº3, set/out 1994.