



## IV-101 - ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS RAIOS SOLARES (UV) E A OTIMIZAÇÃO NA APLICAÇÃO DE ALGICIDA

### **Osmar Rivelino<sup>(1)</sup>**

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Braz Cubas e especialista em Meio Ambiente e Sociedade pela Faculdade de Sociologia e Política de São Paulo. Gerente da Divisão de Recurso Hídricos Metropolitanos Sudoeste – MARS.

### **Ely Yamamura**

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo e especialista em Gestão Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública – USP. Bióloga do Laboratório de Limnologia da MARS (Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Sudoeste).

### **José Senhor Santos Filho**

Graduando em Engenharia Elétrica pela Faculdade UniRadial. Técnico em Serviços Administrativos da MARS (Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Sudoeste).

### **Vilma Okamoto Rivelino**

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Mogi das Cruzes - UMC e especialista em Gestão Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública – USP. Bióloga do Laboratório de Limnologia da MARS (Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Norte).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Américo Brasiliense nº 271 – Alto da Boa Vista - São Paulo – SP – Brasil – CEP 04715-000  
Tel: +55 (11) 5682-2922 – Fax: +55 (11) 5682-2925 – e-mail: [orivelino@sabesp.com.br](mailto:orivelino@sabesp.com.br)

### **RESUMO**

O enriquecimento de lagos e represas com nutrientes, como fósforo e nitrogênio, induz a um processo de eutrofização, acompanhada da degradação da qualidade hídrica. Dentre os sintomas de eutrofização encontram-se:

Florações de Cianobactérias, algas potencialmente tóxicas, e outras problemáticas ao processo de tratamento de água;

Infestações de plantas aquáticas;

Aumento das incidências de doenças hidricamente transmissíveis;

Problemas de gosto e odor em águas tratadas, entre outros.

Para melhorar a qualidade da água, são necessárias ações de gestão para o controle das florações de cianobactérias e de outras algas problemáticas ao processo de tratamento.

Uma destas ações é a otimização da aplicação de algicida, e para um eficiente controle das florações é necessário conhecer:

- O gênero da alga predominante;
- A ecologia destas algas;
- A sensibilidade e/ou resistência aos tipos diferentes de algicidas;
- O comportamento dos algicidas na coluna d'água.

O presente estudo foi a avaliação da influência dos raios solares (raios ultravioleta – raios UV), para uma melhor eficiência da ação dos algicidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** raios UV, algicida, cianobactérias.

### **INTRODUÇÃO**

A eutrofização das águas interiores é considerada um dos maiores problemas ambientais em nível mundial. Ela causa grandes impactos negativos, ecológicos, de saúde e economia (Tundisi, 2001).

As condições ambientais, dentro de lagos e represas, e em seus mananciais, influenciam a eutrofização. Os rios e os riachos são as principais rotas de transferência de nitrogênio e fósforo para estes corpos d'água, integrando fontes pontuais e difusas de nutrientes.

Os diversos gêneros de algas existentes nestes ambientes, têm seu crescimento influenciado por uma série de parâmetros abióticos (físicos e químicos), como bióticos (biológicos), que passam por variações temporais em

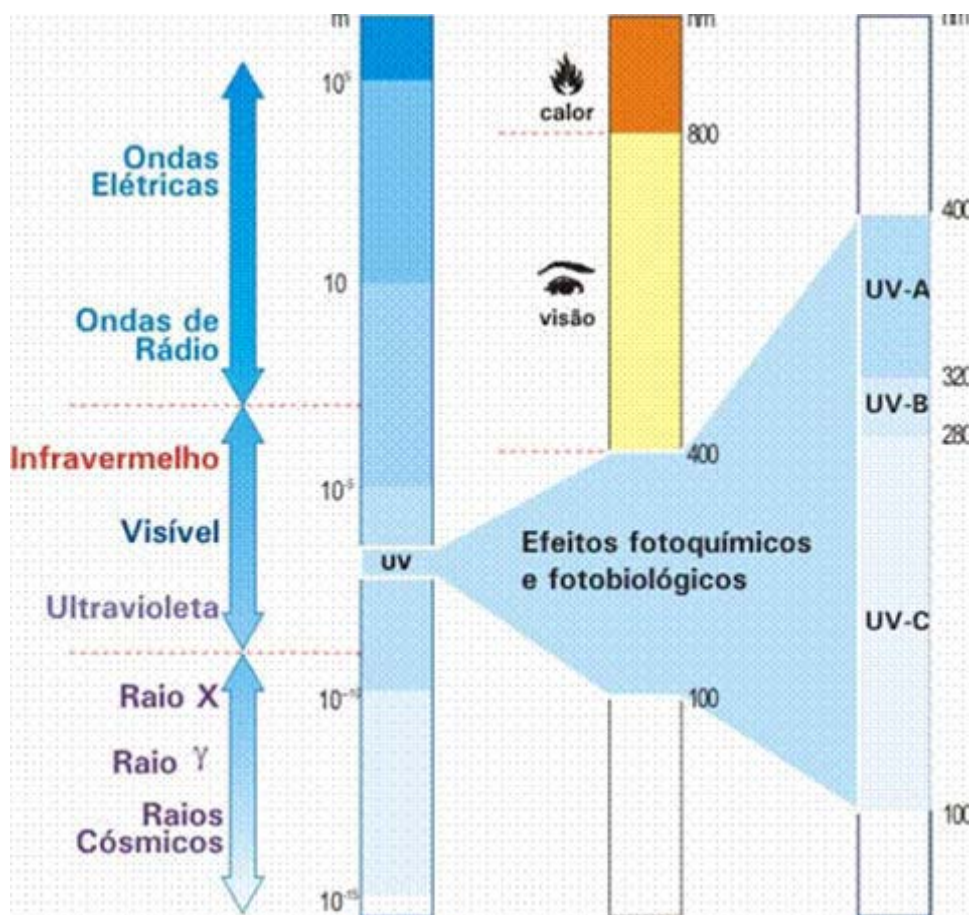
ciclos regulares e irregulares, aplicações de algicidas, propriedades fisiológicas individuais de cada espécie de algas. Os organismos e também o ambiente, podem ser extremamente dinâmicos.

Alguns fatores externos (abióticos e bióticos) que regulam o crescimento e a sucessão são:

- **Físico – Químico:**

- luz
- turbidez;
- temperatura;
- controle de flutuação, ou seja, o meio de permanência dentro da zona eufótica por alteração da velocidade de decantação dos microrganismos;
- nutrientes inorgânicos (N, P, C e outros);
- micronutrientes orgânicos;

Dentro de parâmetro luz ressaltamos as informações sobre os raios UV, por serem foco do nosso estudo:



**Figura 1 : Tipologia do espectro da radiação solar incidente na atmosfera terrestre.**  
A radiação UV corresponde aos comprimentos de onda de 100 a 400 nm.  
Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/R-UV.html#espectro> em 07/05/2009 10h00



A radiação ultravioleta (R-UV) é a parte do espectro eletromagnético referente aos comprimentos de onda entre 100 e 400nm (figura 1). De acordo com a intensidade que a R-UV é absorvida pelo oxigênio e ozônio, costuma-se dividir a região UV em três intervalos:

UVA - 320 a 400 nm, esta radiação é pouco absorvida pelos gases e atinge a superfície da Terra em maiores quantidades;

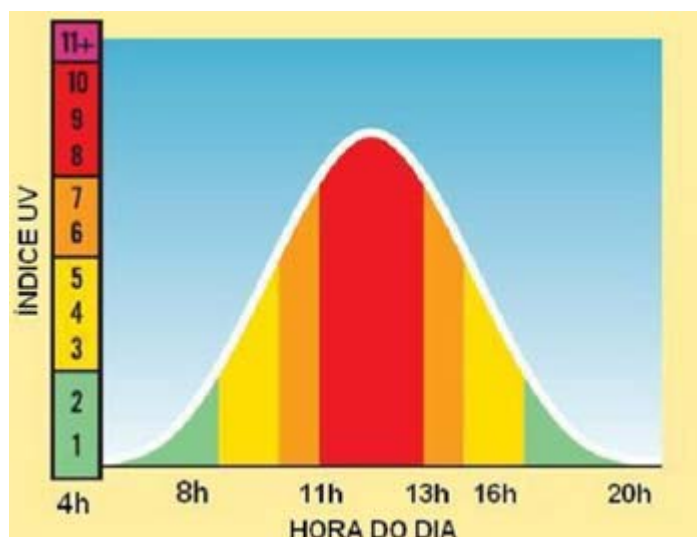
UVB - 280 a 320 nm, é fortemente absorvida pelo ozônio presente na estratosfera e atinge a superfície da Terra em quantidades muito tênues;

UVC - 100 a 280 nm, esta radiação é totalmente absorvida pelo oxigênio e ozônio presentes na atmosfera.

Observamos que a maior parte dos comprimentos mais energéticos (100-280 nm), é totalmente absorvida nas altas camadas da atmosfera terrestre. Apenas a radiação UV-A e UV-B atingem efetivamente a superfície terrestre.

## HORA DO DIA

Ao longo de um dia, a radiação UV sofre grandes variações, sendo que os valores mínimos são observados no início da manhã e no final da tarde. Os valores máximos são percebidos no meio da tarde. Este é o motivo pelo qual ouvimos constantemente recomendações para evitarmos a exposição ao sol entre 10 h e 16h. É neste intervalo que a radiação ultravioleta atinge valores máximos.



**Gráfico 1: Variação diária da intensidade de radiação UV**  
**Fonte - Programa SunWise - US Environment Protection Agency (EPA)**

A figura acima ilustra um gráfico típico da variação diária da intensidade de radiação UV (índice UV). Observe que, para este local específico, os valores máximos atingem 9, de uma escala que vai até 15. Observamos que maior densidade de radiação UV é recebida nas quatro horas em torno do zênite solar (quando o Sol está em seu ponto mais alto no céu). Isto acontece entre 11h00e 15h00 (gráfico1), em um dia claro de verão. Nessas horas, o ângulo dos raios solares é tal que a luz tem menor distância para atravessar a atmosfera e portanto, menor oportunidade de ser absorvida ou refletida.

Fonte: [http://solamigo.com.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=73&Itemid=112](http://solamigo.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=73&Itemid=112) em 07/05/2009 – 10h00

### • **Biológicas:**

- competição biológica por nutrientes disponíveis;
- relações biológicas benéficas entre espécies;
- predação entre os organismos.

Cada espécie de alga possui preferências específicas para cada um desses fatores. Entretanto, a combinação ideal de fatores necessários para maior crescimento e produtividade de uma espécie, é raramente alcançada sob a maioria das condições naturais.



A vantagem competitiva de uma espécie sobre outra é relativa, e pode ser modificada com as alterações nas condições físicas, químicas e bióticas que afetam o crescimento. As condições criadas por uma combinação de fatores naturais, que favorecem um gênero de alga sobre outro, são rompidas quando se aplica algicida.

Alguns dos parâmetros ambientais mencionados acima, como por exemplo, temperaturas têm ciclos sazonais em um período do ano. Outros parâmetros (intensidade da luz, nutrientes em fluxo rápido), podem sofrer mudanças temporais rápidas, e também ciclos sazonais. Essas mudanças, que podem ser fisiologicamente importantes, podem ocorrer em questão de minutos ou horas (Wetzel, 1983). Além disso, parâmetros como nutrientes ou penetração da luz, também respondem a grandes alterações climáticas e precipitação atmosférica, ano a ano, assim como em mudanças sazonais ou temporais rápidas.

Outro fator importante é o estudo da hidrologia (entrada e saída de água) bem como a hidrografia (estratificação e circulação), que determinam a sazonalidade das florações das algas (Talling, 1986).

As florações de algas podem, em determinados estágios da vida, produzir compostos orgânicos como geosmina (GEO) e metilisoborneol (MIB), que causam odor (mofo, BHC, peixe, capim, séptico e outros).

Além destes compostos as florações, podem interferir no processo de tratamento, como por exemplo, na etapa da floculação e decantação (Gênero *Euglena*, grupos de ciliados), entupimento de filtros (Grupo das Diatomáceas, Gênero *Trachelomonas*).

Outro fator importante, que necessita de controle, são as florações de algas potencialmente tóxicas.

Há registros de florações que mencionam a mortalidade de animais domésticos e selvagens. São conhecidos casos de mortes de humanos devido às toxinas de algas (Caruaru, 1996).

### Algicidas

O controle de algas deve ser feito, sempre que a densidade das florações ultrapasse um certo valor, que cause a produção de gosto e odor, ou problemas no processo de tratamento de água. Atualmente existe a legislação que regulamenta a aplicação para as florações de cianobactérias, limitado a 20.000 células/ml, ou seja, o controle deverá ser feito enquanto a floração não atingir este número, devido sua potencial toxicidade.

Os algicidas mais utilizados na maioria das nossas represas são o Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) e o Peróxido de Hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

### Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ )

A descoberta em 1904 foi atribuída aos americanos Moore e Kellerman, de que o  $\text{CuSO}_4$  tem o poder algicida. Entretanto, já em 1890, na Europa, foram descritos testes com algicidas para controle de florações de algas.

A quantidade de algicida varia em cada caso. Depende da espécie de alga a ser combatida, bem como das características da água em tratamento. Não se pode estabelecer uma dosagem padrão fixa para um dado manancial, ou para um tipo de alga. Fatores como, dureza, temperatura e pH da água, devem ser levados em consideração. É importante lembrar que a aplicação de  $\text{CuSO}_4$  em reservatórios, deve ser feita de forma uniforme por toda massa d'água, evitando-se que se formem zonas de maior concentração ou precipitação de cristais de grande tamanho, que cheguem ao fundo sem dissolver, o que implicaria numa perda do material, além de prejudicar a população de peixes (Branco, 1986).

### Peróxido de Hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )

O Peróxido de Hidrogênio é considerado um produto químico limpo, por não deixar resíduos persistentes no meio ambiente após a sua utilização, em processos industriais. Essa característica decorre do mesmo estar continuamente sujeito à reação espontânea de autodecomposição:



a qual libera para o ambiente apenas água e oxigênio como resíduos finais.



No tratamento de água potável, o peróxido de hidrogênio, pode ser empregado como pré-oxidante, por meio de adição simples e direta, combinado na sequência de tratamento simplificado ou convencional, com os coagulantes, floculantes e neutralizantes usuais. Além disso, pode ser empregado ativado com íons  $\text{Fe}^{2+}$ , ou radiação ultravioleta ou com ozônio, nos chamados processos de oxidação avançada.

A capacidade oxidante e não contaminante do peróxido de hidrogênio é de reconhecida utilidade em pré-oxidação para controle de algas, precipitação de Fe (ferro) e Mn (manganês), e para a oxidação de vários tipos de substâncias (orgânicas e inorgânicas) dissolvidas.

## REPRESAS UTILIZADAS NO ESTUDO

Ressaltamos uma breve descrição dos Sistemas Produtores, com o intuito de mostrarmos a importância de estudos que coloquem em foco, ferramentas que possibilitem a gestão das represas com vários usos, como exemplo, a utilização no abastecimento público.

O suprimento de água potável para a Região Metropolitana de São Paulo é efetuado pelo Sistema Integrado de Abastecimento de Água, composto por seis sistemas produtores de água: Cantareira, **Guarapiranga, Rio Grande (Billings)**, Cotia (Alto e Baixo), Alto Tietê, Rio Claro e Ribeirão da Estiva (de pequeno porte), os quais utilizam, basicamente, mananciais de superfície.

Estes sistemas produtores são interligados pelo denominado Sistema Adutor Metropolitano (SAM), o qual, além de conduzir a água tratada da Estação de Tratamento de Água (ETA), aos reservatórios setoriais de distribuição, para posterior distribuição pelas redes primárias e secundárias, também permite a transferência de água entre os sistemas produtores em momentos de restrição em algum deles ou de execução de serviços de manutenção.

Os Sistemas produtores de água Guarapiranga, Rio Grande (Billings) e Cotia, por sua vez, operam de forma integrada, mediante reversões entre os mesmos, e envolvem diferentes usos da água - abastecimento, geração de energia, controle de cheias, recreação e preservação ambiental -, tornando-se extremamente complexos e demandando uma abordagem conjunta de sua operação (Comitê de Bacias Hidrográficas –Alto Tietê, 2002).

O Sistema Guarapiranga é composto pela represa Guarapiranga, cujos principais contribuintes são os rios Embu-Mirim, Embu-Guaçu e Parelheiros, pelas transferências dos rios Capivari e Monos, na vertente marítima, e pelas ramificações da margem esquerda da represa Billings - braço Taquacetuba (desde 2000). Este Sistema abrange de forma parcial os municípios de Cotia, Embu, Juquitiba, São Lourenço da Serra e São Paulo, e a totalidade dos municípios de Embu-Guaçu e Taboão da Serra.

O ponto de coletado foi : GU101 Superfície , 23° 40' 17,9" (latitude) e 46° 43' 37,2" (longitude);

O Sistema Rio Grande (Billings) é composto pela represa do Rio Grande, afluente do Pinheiros; porém, com exceção das ramificações Rio Grande e Taquacetuba, as águas da Billings continuam sendo utilizadas, principalmente, pelo setor energético.

O ponto coletado foi :Rio Grande : RG104 Superfície, 23°43'40" (latitude) e 46°26'36" (longitude).

Fonte: <http://www.usp.br/procam/govagua/altotiete.php> em 07/05/2009 14h00

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente trabalho, foram utilizadas amostras coletadas nas Represas: Guarapiranga e Rio Grande.

A metodologia utilizada para a identificação e contagem de fitoplâncton foi a de Sedgwick-Rafter com microscópio óptico (Foto2).

Para simulação da radiação solar foi confeccionado um sistema (Foto1), com lâmpada ultravioleta com comprimento de onda semelhante a radiação solar, compreendido entre 200 a 400 nm, quando o ângulo de





incidência dos raios ultra violeta (UV) é mais perpendicular a superfície da Terra, e de maior intensidade, o que acontece por volta das 11h00 as 13h00.

Realizamos o teste com as seguintes seqüências de amostras:

- Branco;
- Com algicida Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ );
- Com algicida Peróxido de Hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ );
- Com Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) + ação da lâmpada ultravioleta;
- Com Peróxido de Hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) + ação da lâmpada ultravioleta.

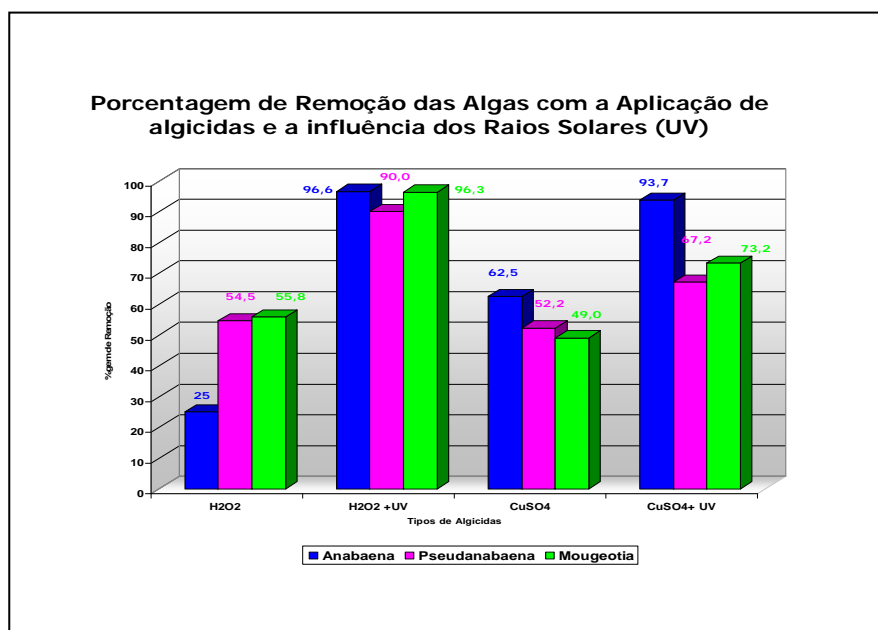


**Foto 1. Sistema de passagem da água com a ação dos raios ultravioleta.**



**Foto 2. Microscópio Óptico.**

## **RESULTADOS E CONCLUSÃO**



**Gráfico 2 - Porcentagem de Remoção das Algas com a Aplicação de Algicidas e a influência dos Raios Solares (UV).**

O presente trabalho, apresenta pelo gráfico 2, a média dos resultados obtidos nos experimentos realizados em bancada, e observa-se um resultado semelhante entre os algicidas utilizados (Peróxido de Hidrogênio e Sulfato de Cobre) sem a influência dos raios ultra violeta, com destaque somente para a eficiência do algicida sobre a Anabaena sp de 25% utilizando ( $H_2O_2$ ) e 62,5% utilizando ( $CuSO_4$ ).

Quando o experimento é submetido a influência dos raios ultra violeta, similares ao comprimento de onda encontrados nos raios solares entre 11h00-13h00, utilizando-se  $H_2O_2$ , a remoção aumenta cerca de 36 a 71% e utilizando  $CuSO_4$ , o aumento da remoção varia entre 15 a 31% dependendo do gênero de algas, otimizando-se assim a ação dos algicidas.

Observa-se pelas Fotos 3, 4, 5,6 e 7 exemplos redução das algas em estudo.

Para a redução significativa dos problemas operacionais e conseqüente otimização de produtos químicos, o estudo apresenta as seguintes conclusões:

- Importância do horário de aplicação dos algicidas;
- Importância dos testes de sensibilidade das algas ao tipo de algicida;
- Importância do Controle Preventivo e Corretivo.

O estudo necessita de complementação, e de mais experimentos utilizando maior número de gêneros de algas, para um melhor entendimento do comportamento das algas problemáticas (produção de gosto e odor, toxinas, interferência no processo de tratamento e outros).



Foto 3 – Branco - Aum. 100X em Microscópio Óptico

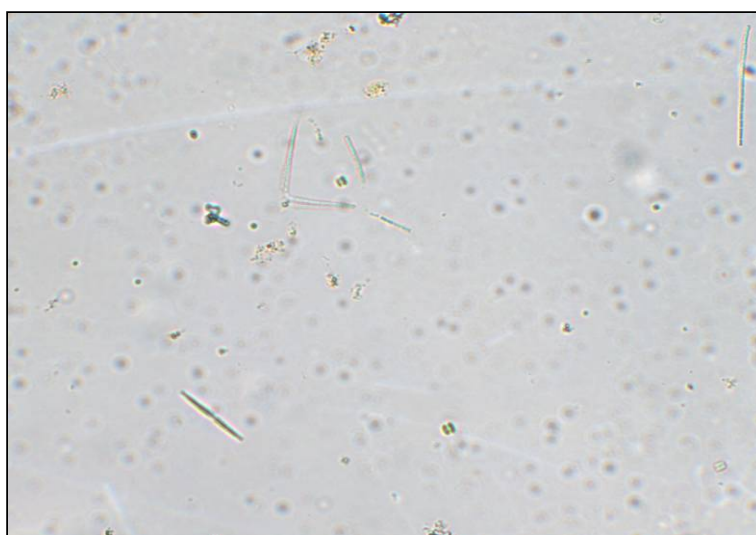


Foto 4 – Com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - Aum. 100X em Microscópio Óptico

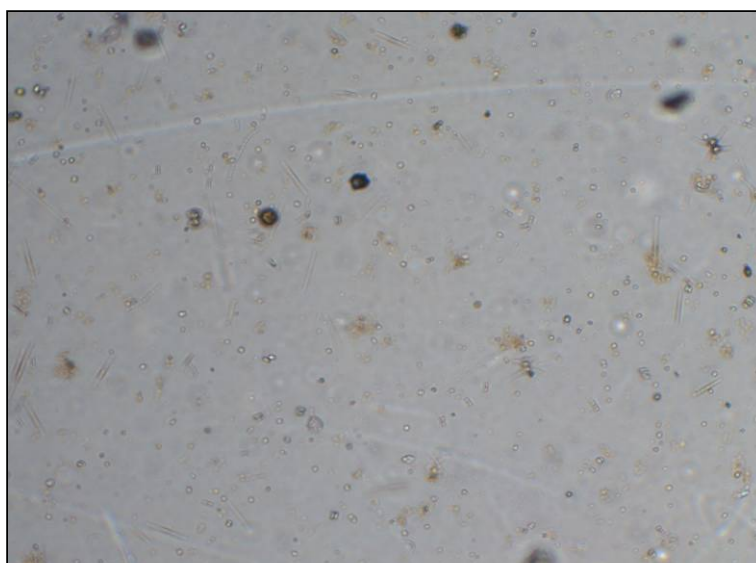


Foto 5 – Com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + UV - Aum. 100X em Microscópio Óptico



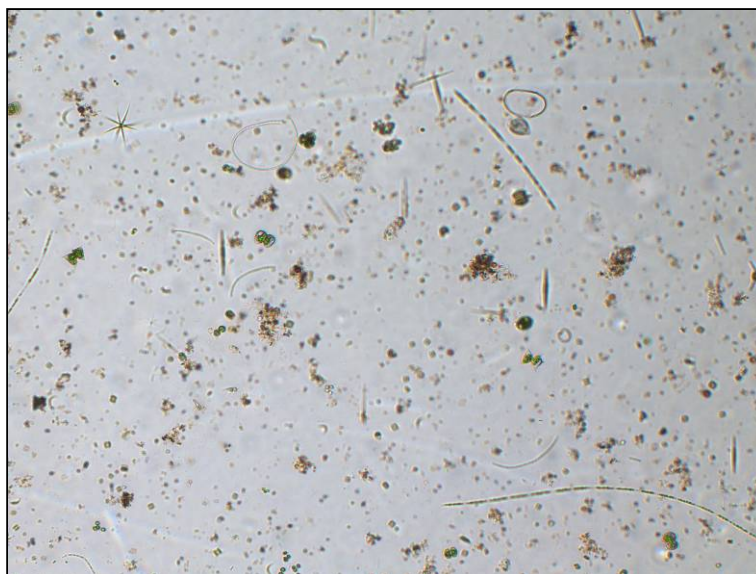


Foto 6 - Com  $\text{CuSO}_4$  - Aum. 100X em Microscópio Óptico

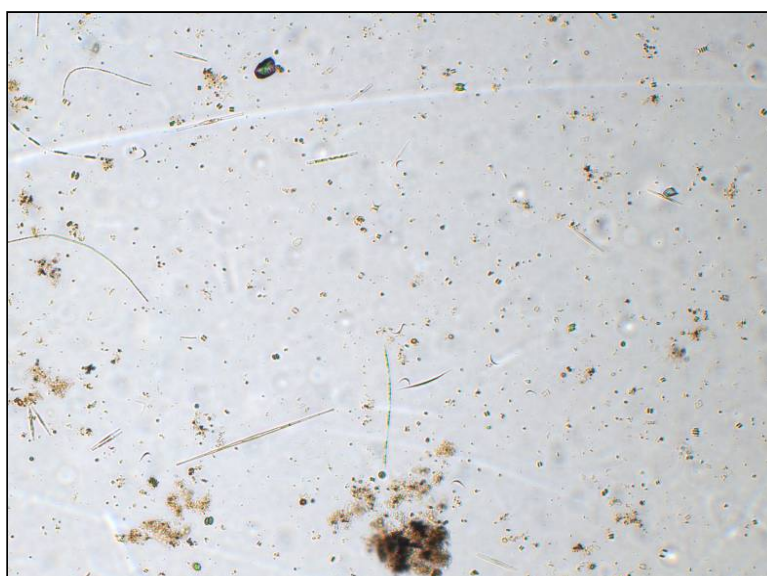


Foto 7 -  $\text{CuSO}_4$  + UV - Aum. 100X em Microscópio Óptico

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tundisi, J.G. (2001) Planejamento e Gerenciamento de Lagos e Reservatórios: Uma Abordagem Integrada ao Problema da Eutrofização;
2. Branco, S.M. (1986) Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária;
3. Menezes, M (2007) Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil - Chave para Identificação e Descrições;
4. Publicação Visual do Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo – Atlas de Cianobactérias e Microalgas de águas continentais brasileiras;
5. Pillar, V.D. (1995) – Clima e Vegetação;
6. [http://ecologiaicb.ufmg.br/~pcoelho/CNPq\\_ultravioleta/r\\_cnpquv\\_rmpe.pdf](http://ecologiaicb.ufmg.br/~pcoelho/CNPq_ultravioleta/r_cnpquv_rmpe.pdf) 07/05/2009 10h00
7. [http://solamigo.com.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=73&Itemid=112](http://solamigo.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=73&Itemid=112) 07/05/2009 10h00
8. <http://www.usp.br/procam/govagua/altotiete.php> em 07/05/2009 14h00