



## I-143 – INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FILMES MONOMOLECULARES PARA REDUÇÃO DA EVAPORAÇÃO NA QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS

**Luewton Lemos Felício Agostinho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestrando em Saneamento Ambiental pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (DEHA - UFC).

**Hörst Frischkorn**

Graduado em Física na Philipps-Universität Marburg Lahn, P.U.M., Alemanha. Doutor em Física pela Philipps-Universität Marburg Lahn. Professor Adjunto da UFC – DEHA;

**Andrea Cristina da S. Ferreira**

Bacharel em Ecologia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Mestre em Botânica pelo Museu Nacional – UFRJ. Doutoranda em Saneamento Ambiental pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (DEHA - UFC).

**Valter Lúcio de Pádua**

Engenheiro Civil graduado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutor pela Escola de Engenharia de São Carlos (USP – São Carlos). Professor adjunto da UFMG - DESA;

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Monsenhor Furtado 2060, apto. 302 – Rodolfo Teófilo - Fortaleza – CE – CEP: 60430-350 – Brasil – e-mail: [luewton@universiabrasil.net](mailto:luewton@universiabrasil.net).

### RESUMO

A capacidade de redução da evaporação da água por filmes ultrafinos de surfactantes é conhecida desde 1925, mas o primeiro experimento de campo só foi realizado na década de 50 na Austrália. Esta prática mostrou-se factível e difundida a ponto de existirem atualmente empresas que comercializam produtos industrializados para a redução da evaporação. O presente trabalho visa estudar as possíveis influências que estas substâncias podem causar nas características físicas, químicas e biológicas de águas onde filmes monomoleculares de hexadecanol foram aplicados para redução da evaporação. Os estudos foram feitos em tanques cilíndricos de 20m<sup>2</sup> de área superficial e 2m de profundidade, construídos no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, e os parâmetros de qualidade avaliados foram: oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, salinidade, turbidez, cor aparente, pH, temperatura e contagem de fitoplâncton. Os resultados obtidos indicam pequenas variações nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos com destaque para o aumento da temperatura da água nos tanques com aplicação de hexadecanol e diferença quantitativa das espécies fitoplanctônicas identificadas nos dois tanques.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hexadecanol, evaporação, açúdes.

### INTRODUÇÃO

A água é o insumo básico da sobrevivência de todas as espécies e indicador do desenvolvimento de uma região, sendo necessária atenção especial no seu manejo, visando sua conservação em quantidade e qualidade. Isso é alcançado por meio da gestão dos recursos hídricos, que se refere aos procedimentos relativos à tentativa de equacionar e resolver as questões da água e otimizar o seu uso.

Embora a disponibilidade de água no Brasil seja elevada, está distribuída de forma irregular, como mostram os dados do balanço hídrico da bacia amazônica, com escoamentos superficiais na ordem de 34,2 L/s/km<sup>2</sup>, e da região semi-árida, com 2,81 L/s/km<sup>2</sup>. Percebe-se, assim, a grande diversidade hidrológica do território brasileiro, sendo que a região semi-árida configura o cenário mais crítico no que se refere à escassez hídrica, necessitando de subsídios para implantação de uma gestão que vise a racionalização do uso de suas águas com base na sua realidade hídrica.

Diante desses dados percebe-se a relevância de estudos para minimizar as perdas nos corpos d'água dentre essas destacam-se a evaporação e evapotranspiração, variáveis críticas dentro do balanço hídrico de regiões semi-áridas, chegando a representar 92% do volume precipitado anual médio. Estudos realizados no semi-



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

árido estimam que cerca de 40% das águas acumuladas em reservatórios se perde com a evaporação (Fontes et al, 2002).

Com o intuito de reduzir esta perda elevada de água, houve intensa pesquisa em países atingidos por este problema, tendo, como consequência, surgido diversos tipos de técnicas de controle de evaporação de águas superficiais. Após o sucesso do primeiro teste em um reservatório real, com redução na evaporação de cerca de 30%, a técnica recebeu atenção especial do Programa Zona Árida da UNESCO (Frenkiel, 1925 apud Gugliotti), que se tornou o principal projeto desta entidade entre 1957 e 1962. Neste período, vários estudos de caráter experimental foram realizados em diversos países como Índia, Reino Unido, Israel, África do Sul e principalmente nos Estados Unidos e na Austrália (La Mer et al, 1965 apud Gugliotti). Em sua grande maioria, os trabalhos foram conduzidos por entidades governamentais, o que explica a pouca divulgação desta tecnologia na literatura científica a partir da década de 60. As décadas de 70 e 80 foram marcadas por poucos estudos sobre o mecanismo de ação dos antievaporantes, com os principais resultados coletados em uma revisão de 1986 (Barnes, 1986 apud Gugliotti). Mais recentemente, em função da preocupação mundial com a água, a técnica voltou a ser motivo de investigações científicas, resultando também no desenvolvimento de novas técnicas e composições antievaporantes.

Essas técnicas consistem, principalmente, na redução dos efeitos dos fatores fundamentais do processo evaporativo, tais como: vento e radiação solar. Para controle através do vento, surgiram os “quebra-ventos”, que podem ser flutuantes ou não flutuantes; enquanto que a redução do efeito da radiação solar é obtida através de coberturas sobre a massa líquida. As mais utilizadas são: (1) coberturas flutuantes que possuem alta refletividade (esferas brancas de polietileno, placas flutuantes etc.), e (2) filmes monomoleculares originários da colocação de certos álcoois sobre a superfície da água. Dentre os tipos de técnicas pesquisadas, a que despertou maior atenção dos estudiosos no assunto foi a dos filmes monomoleculares, pois apresentam vantagens primordiais sobre os outros, quais sejam: não oferecem perigo ao equilíbrio  $\text{CO}_2 - \text{O}_2$ , não impede a reaeração e têm fácil aplicabilidade. Os filmes monomoleculares mais utilizados no campo são os de hexadecanol e o de octadecanol, pois são de mais fácil aquisição e demonstram boa eficácia na redução da evaporação (Ferreira Filho, 1978).

Estudos recentes, publicados em julho de 2003 pela American Water Works Association (AWWA), em convênio com outras entidades como a Universidade de Anna na cidade de Chennai, Índia e o Centro Nacional de Estudos em Engenharia na China, apontam cerca de 40% de redução de evaporação em reservatórios de médio porte submetidos à aplicação de um produto a base de hexadecanol. Estes mesmos estudos reportaram que o produto não causa impactos negativos ao meio aquático, não modifica os níveis de oxigênio dissolvido e nem a temperatura dos reservatórios submetidos aos testes (e-Journal AWWA, 2003).

### Filmes Monomoleculares

Filmes monomoleculares são filmes com exata espessura de uma molécula espalhados sobre um substrato. Eles podem ser definidos como formas que possuem dois estados onde a pressão é medida em termos de força por unidade de comprimento e a densidade é caracterizada em termos de área por molécula. Entretanto, como a monocamada tem a espessura de uma molécula, ela é invisível. O seu estado pode ser determinado por isotermas de pressão superficial (por molécula), procedimento análogo aquele feito a determinação em três dimensões utilizando isotermas de pressão volumétrica, ou a partir da pressão superficial e da viscosidade superficial onde um crescimento ou decréscimo abrupto na viscosidade associado a pequenas variações da pressão superficial indicam mudança de fase.

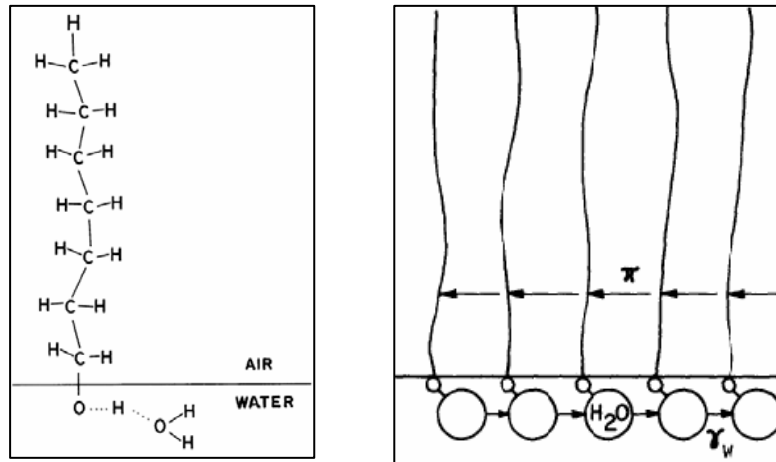
As monocamadas são formadas basicamente por duas classes de hidrocarbonetos, ácidos e álcoois, de cadeias retilíneas e saturadas. Estes hidrocarbonetos têm o mesmo comportamento funcional no que diz respeito à formação de monocamadas. A carboxila (ou hidroxila) é atraída pela molécula de água (parte hidrofílica da molécula). A cadeia carbônica é insolúvel na água (hidrofóbica) e fica disposta para o lado de fora. Todas as moléculas da monocamada possuem a mesma estrutura, a parte hidrofílica da molécula permanece submersa na água enquanto a parte hidrofóbica se dispõe verticalmente sobre a superfície (Figura 01). Isto foi demonstrado pelo fato de que a mesma quantidade de moléculas de uma monocamada, não importando o comprimento da cadeia usada, sempre cobriam a mesma área.

As monocamadas são agentes ativos da superfície, que interagem com as moléculas superficiais e formam uma nova superfície com propriedades diferentes, incluindo uma tensão superficial mais baixa que a original. Isso ocorre devido à inserção das moléculas da monocamada entre as moléculas de água e devido à repulsão



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

entre as cadeias carbônicas que causa uma força oposta a tensão superficial diminuindo a mesma (Gainer, 1969).



**Figuras 01 e 02 – Disposição de uma molécula de filme monomolecular na superfície da água (1) e representação das forças entre cadeias e tensão superficial da água (2) (Gainer,1969).**

Normalmente, as composições de antievaporantes à base de surfactantes são obtidas na forma sólida (pó). No caso dos álcoois graxos, o espalhamento do filme na superfície da água pode ser facilitado pelo uso de um ou mais aditivos, os quais evitam também a aglomeração das partículas. Estudos feitos por La Mer também demonstram que o número de átomos de carbono presente na cadeia do surfactante tem uma importante relação com a velocidade de espalhamento do mesmo sobre a superfície da água (La Mer, 1964). Os primeiros trabalhos de campo (La Mer, 1962) realizados com surfactantes puros, sugeriam dosagens entre 10 e 50 mg/m<sup>2</sup> de superfície líquida. Entretanto, a incorporação de aditivos aos surfactantes, a natureza dos aditivos incorporados (orgânicos ou inorgânicos), e as perdas por biodegradação exigem dosagens maiores, em média da ordem de 100 mg/m<sup>2</sup>, o que equivale a 1 kg/hectare (Gugliotti).

### **Toxicologia e influencia da aplicação de filmes monomoleculares na qualidade da água**

A estrutura do hexadecanol (C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>OH), um dos álcoois mais utilizado como formador de monocamadas, sugere que o mesmo possui grande possibilidade de ser assimilado como alimento por microorganismos. Sua insolubilidade, entretanto, é um limitador natural para sua assimilação por organismos na superfície da água (Ludzack et al, 1969). Octadecanol, tetradecanol e álcoois insaturados com 18 carbonos (C-18), geralmente associados com o hexadecanol comercial, são metabólitos de ingestão alimentar comuns para mamíferos e, conseqüentemente, não se espera malefícios a saúde produzidos pela sua ingestão em quantidades razoáveis (Berger, 1958).

Estudos feitos pelo Sanitary Engineering Center (SEC) em Cincinnati, Ohio, indicaram que o hexadecanol é consumido por microorganismos presentes na água, sendo que: (1) em águas muito contaminadas houve uma taxa de consumo de hexadecanol acelerada e os microorganismos presentes na amostra, rapidamente se adaptaram para metabolizar este nutriente. (2) Em águas moderadamente contaminadas houve período inicial de lento consumo, seguido de um rápido crescimento na taxa de consumo. (3) Em água limpas a taxa de consumo de hexadecanol foi relativamente baixa, aparentemente devido à deficiência de nitrogênio, potássio e fósforo, nutrientes necessários para uma atividade microbiana. A degradação microbiológica do hexadecanol, entretanto, aumenta a necessidade de reposição dos filmes e prejudica o espalhamento dos mesmos (Berger, 1958).

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para realização dos ensaios de evaporação foram construídos dois tanques cilíndricos de 20m<sup>2</sup> de área superficial e 2m de profundidade, totalizando, cada tanque, um volume de 40.000 litros de água. Os tanques



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

foram construídos na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, para maior comodidade, no que diz respeito à obtenção de valores dos fatores físicos que influenciam o processo evaporativo, como velocidade do vento, radiação solar, temperatura da água e pressão atmosférica (RAMOS, 1989).

A construção foi feita em ferro-cimento; os tanques foram enterrados e impermeabilizados com manta asfáltica aluminizada de 3mm para evitar possíveis problemas de infiltração (Tabela 01). O posicionamento foi definido de maneira que os dois se apresentassem sempre a montante da incidência eólica do local evitando assim que um tanque pudesse interferir no processo evaporativo do outro.

**Tabela 1 – Características dos tanques 01 e 02.**

<b>Características</b>	<b>TANQUE 01 e 02</b>
Tecnologia de construção	Ferro cimento
Formato	Cilíndrico
Área superficial	20 m <sup>2</sup>
Profundidade real	2,10 m
Profundidade da lâmina d'água	2,00 m
Poço tranquilizador	50 cm – Aço Inoxidável
Impermeabilização	Manta asfáltica aluminizada (3mm)

### **Avaliação dos parâmetros físico-químicos**

Para determinação da influencia do hexadecanol na qualidade da água dos reservatórios, a taxa de aplicação de hexadecanol escolhida foi de 40 mg/m<sup>2</sup>.dia. Os procedimentos para determinação desta taxa estão descritos em Agostinho *et al* (2004).

Dados relativos à qualidade da água dos reservatórios foram obtidos através da utilização de eletrodos específicos (pHmetro-mod. 60 e oxímetro-mod. 55, ambos da marca YSI, e condutivímetro da marca ORION). Os procedimentos para as análises realizadas estão descritos em Carmouze (1994) e Paranhos (1996). As coletas foram realizadas em intervalos de vinte dias, sempre as 7:30 da manhã, durante 60 dias para uma mesma taxa de aplicação de hexadecanol. Para as leituras de OD, pH e Temperatura, as determinações foram feitas em cinco profundidades, quais sejam, superfície, 50cm, 100cm, 150cm e 200cm da superfície. No período citado não houve recargas nos tanques.

### **Contagem e identificação de fitoplâncton**

As coletas foram realizadas a cada 20 dias em duas profundidades, a 20cm da superfície e a 20 cm do fundo (1,8 m) com auxílio de garrafa de Van Dorn. A primeira coleta foi realizada 5 dias após o enchimento dos tanques.

Enumeração do fitoplâncton: Foi realizada em câmara de Sedgwick-Rafter, segundo procedimentos descritos em Eaton *et al.* (1995). Foi examinado um transecto para cada amostra na câmara de S-R. As densidades, em número de células mL<sup>-1</sup>, da forma filamentosa foram estimadas multiplicando-se o número de indivíduos contados (indiv. mL<sup>-1</sup>) pelo número médio de células por tricoma (comprimento médio dos tricomas/comprimento celular), tendo sido definido o comprimento médio através de medições realizadas durante as contagens. Já para a forma cocóide, o procedimento foi como segue: definiu-se através da análise de fotomicrografias que a densidade das colônias seria de 16 células numa área padrão de 10µm<sup>2</sup>; durante as contagens, as colônias encontradas foram medidas e foi estimada a área média destas para cada amostra; o número médio de células por colônia, em cada amostra, foi calculado aplicando-se regra de três simples a partir dos valores antes obtidos; e a densidade de células por mililitro, multiplicando-se o número médio de células pela densidade de colônias encontrada em cada amostra. O biovolume (mm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>) foi estimado multiplicando-se as densidades, em número de células mL<sup>-1</sup>, pelos respectivos volumes médios. O volume médio dos organismos foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma destes (Edler 1979).



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Zooplâncton: Em função deste importante componente do compartimento pelágico ter sido representado tão fortemente por um organismo de dimensões diminutas (aproximadamente  $6\mu\text{m}$ ), a biomassa do mesmo foi avaliada informalmente durante as análises do fitoplâncton, muito embora este não fosse o objetivo deste trabalho. Assim, esta quantificação não deve ser tomada como descritora da comunidade zooplantônica, mas apenas como um indício de sua composição e da importância dos protistas, neste ambiente, representando a mesma.

Identificação: Os organismos fitoplantônicos foram identificados em nível específico sempre que possível, de acordo com literatura recente. Os sistemas de classificação para a circunscrição infraclasse das cianobactérias (Divisão Cyanophyta/Cyanobacteria, classe Cyanophyceae) foram os de Komárek & Anagnostidis (1986; 1999) e Anagnostidis & Komárek (1988).

### RESULTADOS

Os resultados demonstrados abaixo representam as coletas feitas nos meses de setembro e outubro de 2005. Para este período a umidade relativa do ar apresentou média relativa em torno de 75% e a velocidade do vento uma média diária de 6,0 m/s (medida a 10m da superfície dos tanques). Para todos os resultados apresentados no TANQUE 01 foi realizada aplicação diária de hexadecanol e o TANQUE 02, sem aplicação, foi utilizado como testemunha.

#### Avaliação dos parâmetros físico-químicos

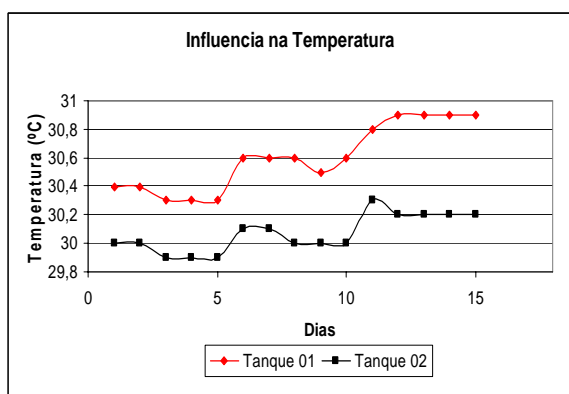


Figura 03 – Influencia da aplicação de hexadecanol na temperatura da água.

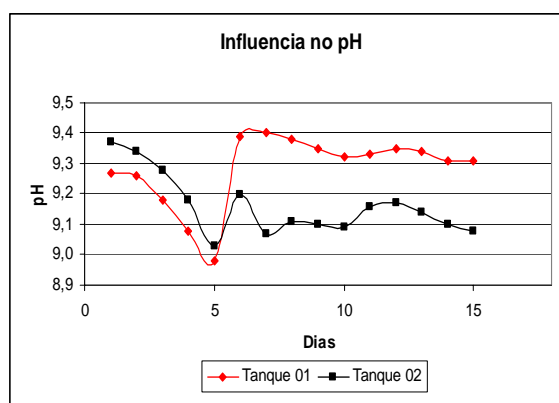


Figura 04 – Influencia da aplicação de hexadecanol no pH.

Os gráficos apresentados apontam pequenas variações nas características da água com hexadecanol com relação ao reservatório testemunha. Os valores obtidos, apesar de evidenciarem diferenças nos parâmetros, não demonstram significativa alteração quando comparados ao longo do período de medição, justificando talvez determinações em períodos mais prolongados. Com relação ao parâmetro turbidez, o crescimento gradual deste parâmetro observado no tanque 01 pode ser justificado pelo maior desenvolvimento fitoplantônico observado na avaliação microbiológica (ver próximo tópico).

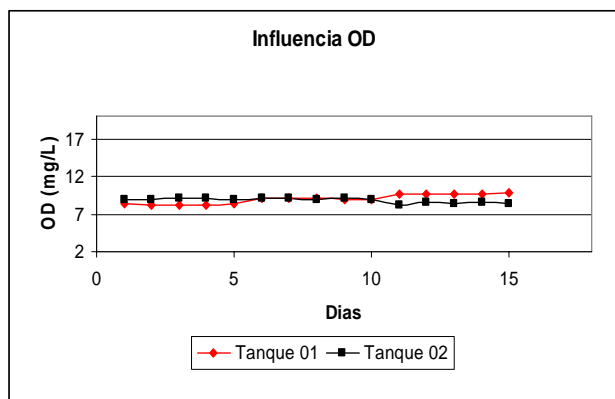


Figura 05 – Influencia da aplicação de hexadecanol na quantidade de oxigênio dissolvido

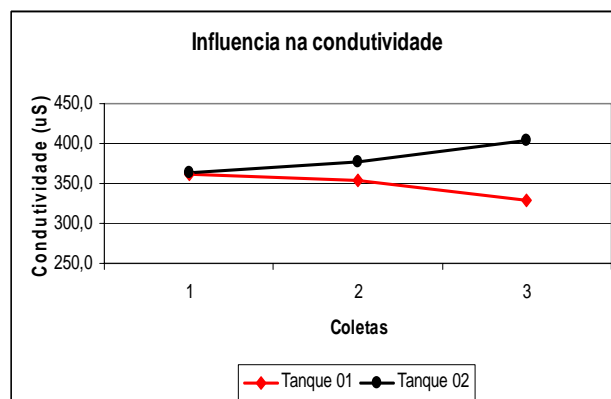


Figura 06 – Influencia da aplicação de hexadecanol na condutividade elétrica da água.

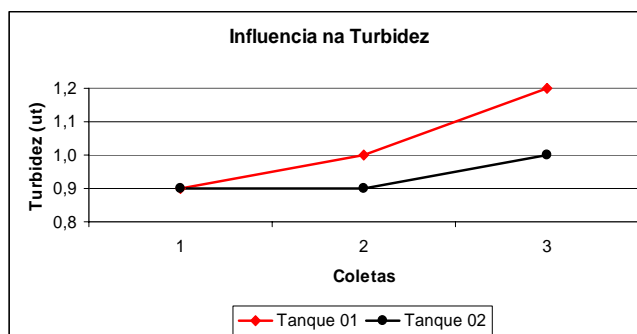


Figura 07 – Influencia da aplicação de hexadecanol na turbidez.

Com relação à temperatura, os gráficos mostram relativo aumento do parâmetro no tanque 01. Este acréscimo pode ser justificado devido a influencia do hexadecanol no balanço energético do reservatório. Como a evaporação é uma ferramenta de equilíbrio energético em corpos hídricos, sua supressão sempre produzirá acúmulo de energia nos reservatórios submetidos a processos de redução e conseqüente aumento da temperatura no mesmo. Este mesmo acréscimo também justifica os valores mais elevados de pH apresentados pelo mesmo tanque.

Analisando o parâmetro condutividade elétrica da água, as maiores taxas de evaporação apresentadas pelo tanque 02 ocasionam uma concentração de sais mais rápida no mesmo, provocando um conseqüente aumento do parâmetro em questão. Os valores obtidos de oxigênio dissolvido para os dois tanques não apresentam diferenças significativas do parâmetro nos mesmos.

#### Avaliação dos parâmetros microbiológicos

Pela avaliação qualitativa do fitoplâncton, foi verificado que ambos os tanques apresentaram predominância de microalgas da classe Cyanophyceae, as cianobactérias. Foram encontradas e identificadas apenas duas espécies em ambos os tanques: *Aphanothece* cf. *nidulans*, uma cianobactéria cocóide colonial (figura 8: A - D); e *Leptolyngbya* sp., uma cianobactéria filamentosa (figura 8: E). A primeira foi dominante no plâncton em geral para ambos os tanques, como demonstrado no gráfico da figura 9. Embora esta dominância tenha sido mais acentuada no tanque 01, chegando a somar 94% do total fitoplanctônico contra 78%, em média, no tanque 2. Fato notório foi a presença e importante contribuição, em biomassa, no tanque 02 (percentuais no gráfico da figura 9) de uma espécie zooplânctônica (figura 8: F - G). Em valores absolutos, as densidades em

biomassa e em células por mililitro foram sempre maiores no tanque 02, chegando a apresentar valores 3 a 4 vezes superiores e perfazendo totais, em média, de  $0,5 \text{ mm}^3$  de biovolume  $\text{mL}^{-1}$  e  $175.000 \text{ células mL}^{-1}$ .

Estes resultados apontam para uma significativa influência do hexadecanol no desenvolvimento da comunidade planctônica do sistema avaliado. No tanque 01, onde foi aplicado o produto, houve um desenvolvimento fitoplanctônico maior do que no tanque 02. Uma hipótese levantada para explicar este fato foi a presença e eficácia do zooplâncton no tanque 02, realizando um controle do fitoplâncton do tipo “top down”. A ausência deste elemento no tanque 01 (ou sua não-detecção) pode ter sido em função das características abióticas provavelmente serem desfavoráveis ao seu desenvolvimento naquele ambiente. Embora as diferenças das características abióticas entre tanques tenham sido aparentemente pequenas, as mesmas foram consistentes, justificando uma possível resposta diferenciada dos elementos bióticos do sistema às mesmas.

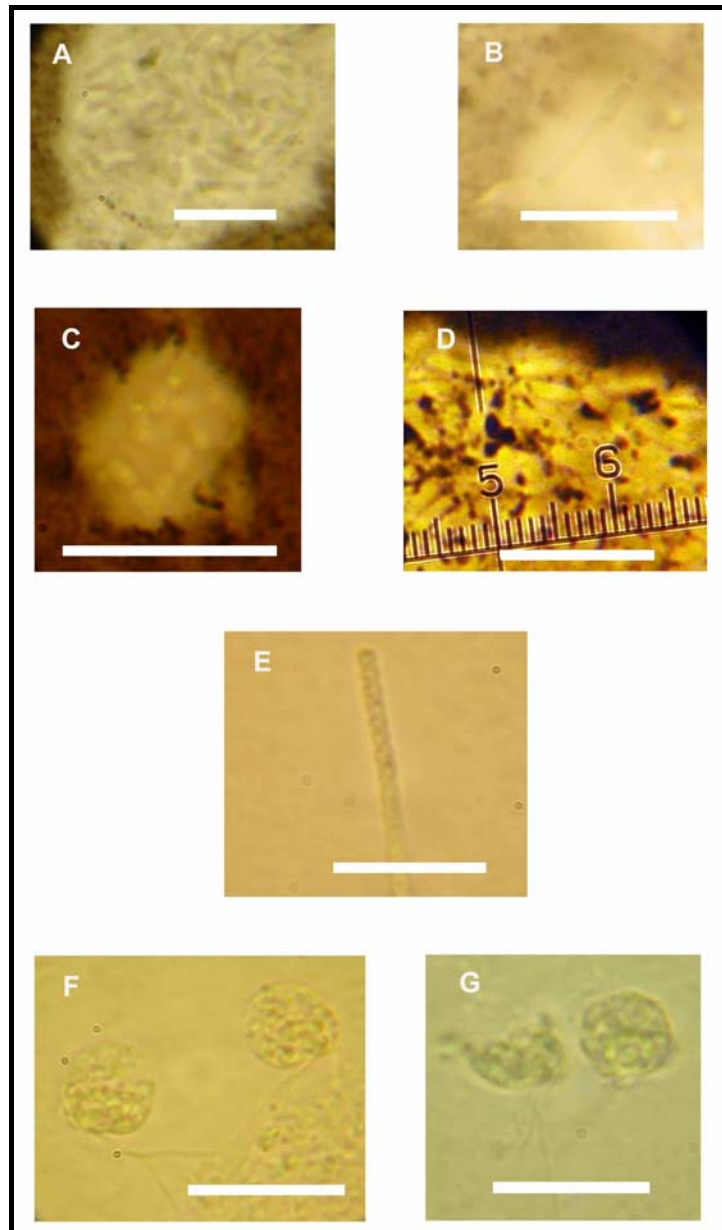


Figura 8 – A–D: *Aphanothece* cf. *nidulans* (em A e D colônias densas, em B envoltório mucilaginoso individual e em C colônia jovem); E: *Leptolyngbya* sp; e F-G: espécie zooplanctônica (em F, associação do zôo a uma colônia de *A. cf. nidulans* e em G a fragilidade do organismo frente à manipulação ao microscópio). Todo o material fixado com lugol e de A a D, lâminas preparadas com nanquim. Escala =  $10\mu\text{m}$ .

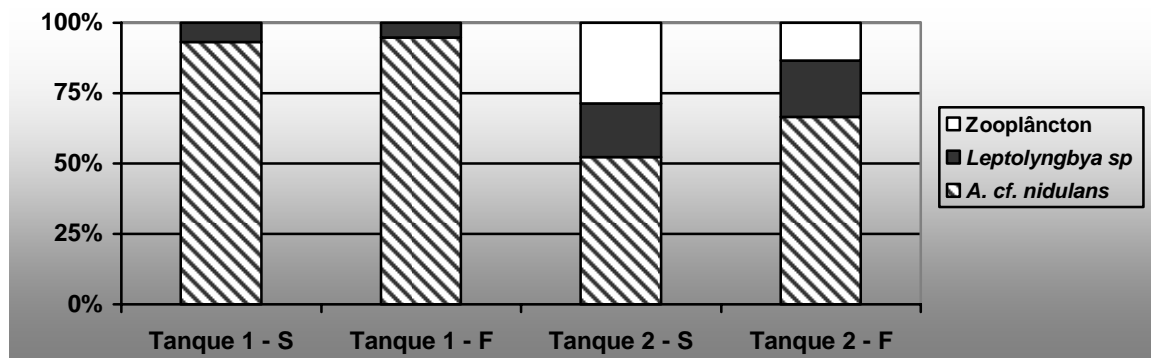


Figura 9 – Percentuais médios de contribuição, em  $\text{mm}^3$  de biovolume  $\text{mL}^{-1}$ , dos elementos planctônicos nos tanques 1 e 2, durante o período estudado.

## CONCLUSÕES

As observações realizadas no período de aplicação do hexadecanol apresentaram modificações nas características químicas, físicas, físico-químicas e microbiológicas da água. As alterações observadas sugerem que:

O significativo aumento na temperatura do tanque 01, tratado com hexadecanol como antieaporante, pode ser justificado pela interferência que o produto causa no balanço energético do mesmo quando atua como supressor da evaporação. Este aumento pode ter sido um dos fatores abióticos que determinaram as diferenças microbiológicas encontradas nos dois tanques.

As alterações apresentadas para OD, e salinidade da água não foram significativas para o período de dois meses de observação, fixado devido às limitações que o volume hídrico dos reservatórios impôs. Aconselha-se, desta forma, a realização de ensaios mais prolongados em tanques de maior volume hídrico para confirmação dos resultados obtidos.

É possível que o hexadecanol influencie a dinâmica das comunidades instaladas nos sistemas sob sua influência por causar consistentes alterações nos parâmetros abióticos. Contudo, ainda há que se testar a magnitude e o impacto destas pequenas alterações em sistemas maiores e mais complexos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGOSTINHO, L. L. F., PÁDUA, V. L., FERREIRA FILHO, W. M., FRISHKORN, H. Estudo da Redução da Evaporação em Reservatórios Superficiais Através da Aplicação de Filmes Monomoleculares de Hexadecanol. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. ABRH. São Luis, MA. Novembro, 2004.
2. AWWA e-Journal - New process make evaporation retardant cost-effective, *Journal of the American Water Works Association*, vol. 95, Number 7, July 2003.
3. BERGER, B. B. Use of hexadecanol in reservoir evaporation control, *Journal of the American Water Works Association*, vol. 50, pp. 855-858, 1958.
4. CARMOUZE J-P. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos – fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. ORSTOM/SBL/Edgard Blücher Ltda./FAPESP. 254p, 1994;
5. FERREIRA FILHO, W. M. – Redução da evaporação através da aplicação de filmes monomoleculares de hexadecanol – Tese de Mestrado. UFSC – 1974. Disponível na biblioteca do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - DEHA, UFC
6. FONTES, A. S.; OLIVEIRA, J. I. R.; MEDEIROS Y. D. P. - A evaporação em açudes no semi-árido nordestino do Brasil e a gestão das águas – Congresso Nacional da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH 2002.
7. GAINER, J. L., BEARD, J. T., ROBERT R. T., Water Evaporation Suppression. Bulletin N° 27. Water Resources Research Center, Virginia Polytechnic Institute. August, 1969.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

8. GUGLIOTTI, M. GUGLIOTTI E. R. Redução da Evaporação de Água por Filmes Monomoleculares. Lótus Química Ambiental Ltda. Artigo ainda não publicado.
9. LUDZACK, F. J., ETTINGER M. B. Biological Oxidation of Hexadecanol under Laboratory Conditions. *Journal of the American Water Works Association*, vol. 49 pp. 849 – 858. 1957.
10. PARANHOS R. Alguns métodos para análise da água. Cadernos Didáticos UFRJ, 19. Rio de Janeiro: UFRJ. 283p. 1996.