



PARECER TÉCNICO DILAB 003/2015

Interessado: Companhia Hidrelétrica do São Francisco - CHESF

Assunto: Poluição, desequilíbrio e danos ambientais no Rio São Francisco

Data das coletas: 13 e 15 de abril de 2015

Objetivo: Parecer técnico com objetivo de apresentar as devidas considerações e conclusões à respeito da pluma existente no Rio São Francisco.

1. DAS CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As microalgas são essenciais aos ecossistemas aquáticos, exercendo nesses ambientes o mesmo papel das plantas em ambientes terrestres, ou seja, são os produtores primários. Entretanto, algumas espécies de microalgas apresentam um risco para os ambientes aquáticos e para a saúde humana.

Esse risco ocorre quando as microalgas atingem concentrações muito elevadas de células, o que pode acarretar em um acúmulo de algas na superfície da água mudando a coloração, fenômeno que recebe o nome de floração (bloom).

Este relatório tem o objetivo de identificar o bloom de microalgas apresentado nas águas do Rio São Francisco (*região do Baixo São Francisco*), de Paulo Afonso/BA até Delmiro Gouveia/AL., em 13/04/2015, ora, causando sérios problemas ecológicos e sócio-econômicos, principalmente no sistema de captação e tratamento de água da Companhia de Saneamento de Alagoas – CASAL.

2. DOS FATOS - CONSIDERAÇÕES DOS RESULTADOS

2.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

Foram analisados 20 (vinte) parâmetros analíticos físico-químicas e 01 (um) parâmetro microbiológico em 2 (dois) pontos das águas do Rio São Francisco e 01 (um) ponto na barragem de Apolônio Sales (Delmiro Gouveia ou Belvedere):

P₁ = Água de superfície da calha principal do Rio São Francisco/Captação CASAL.
Coordenadas geográfica (Latitude 09°27'53,3" S e Longitude 038°02'01,5" W);



P₂ = Água de fundo, com 45 m de profundidade, na calha principal do Rio São Francisco/Captação CASAL. Coordenadas geográficas (Latitude 09°27'53,3" S e Longitude 038°02'01,5" W);

P₃ = Água de superfície da Barragem de Apolônio Sales (Delmiro Gouveia ou Belvedere) /Captação da CASAL. Coordenadas geográficas (Latitude 09°27'53,3" e Longitude 038°02'01,5" W), e

P₄ = Sedimento de fundo da Barragem de Apolônio Sales (Delmiro Gouveia ou Belvedere) /Captação da CASAL. Coordenadas geográficas (Latitude 09°27'53,3" e Longitude 038°02'01,5" W).

Segue abaixo os valores apresentados dos parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas das águas do rio São Francisco e Barragem de Apolônio Sales (Delmiro Gouveia ou Belvedere) /Captação da CASAL.

| Parâmetros analíticos | Padrões Especificados na Resolução CONAMA Nº 357/2005, Águas Doces de Classe 2. | Resultados / Amostras | | | |
|--|--|-----------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ |
| Coliformes Termotolerantes (Fecais) ^R | Até 1.000 NMP/100 mL | < 18 | | 3.500 | |
| Cloreto | Até 250 mg/L Cl ⁻ | 2,40 | 2,88 | 3,36 | |
| Clorofila-a | 30 µg/L | 36,0 | 2,41 | 1,23 | |
| Condutividade elétrica | µS/cm (ne) | 75 | 68 | 65 | |
| DBO ₅ ²⁰ | Até 5,0 mg/L O ₂ | 7,0 | < 2 | 3 | |
| DQO | mg/L O ₂ | 45,60 | 22,80 | 30,40 | |
| Ferro Total | mg/L (NE) | 0,32 | 0,57 | 0,29 | |
| Fósforo Total | Até 0,030 mg/L ¹ Até 0,050 mg/L ² | 0,81 | 0,03 | 0,20 | |
| Nitrato | Até 10 mg/L N | 0,86 | 0,32 | 0,11 | |
| Nitrito | Até 1,0 mg/L N | 0,11 | < 0,1 | < 0,1 | |
| Nitrogênio Total Kjeldhal (TKN) | mg/L N (NE) | 7,65 | 2,56 | 1,26 | |
| Matéria Orgânica (MO) | % (NE) | | | | 85,0 |
| Oxigênio Dissolvido (OD) | ≥ 5,0 mg/L O ₂ | 11,69 | 5,99 | 6,40 | |
| pH | 6,0 a 9,0 | 6,42 | 7,06 | 7,71 | 7,23 |
| Sabor/odor | NE | CP | SC | SC | |
| Salinidade | Até 0,5 ‰, águas doces; Entre 0,5 e 30 ‰, águas salobras; Maior 30 ‰, águas salinas. | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | |



| | | | | | |
|----------------------------------|------------------|-------|-------|-------|--|
| Sólidos Totais Dissolvidos (STD) | Até 500 mg/L | 49,0 | 44,0 | 42,0 | |
| Sólidos Totais Suspensos (TSS) | mg/L | 21,0 | 5,0 | 0,67 | |
| Sulfeto (H ₂ S) | Até 0,002 mg/L S | 3,21 | 0,36 | 0,21 | |
| Temperatura | °C (NE) | 29,89 | 29,30 | 29,86 | |
| Transparência – Disco de Secchi | M (NE) | | 2,50 | | |
| Turbidez | Até 100 UNT | 15,3 | 6,59 | 1,68 | |

LEGENDA:

CP = Característico de peixe

SC = Sem caracterização

NMP/100 mL = Número Mais provável por cem mililitros

°C = Graus centígrados

NE = Não Especificado

UNT = Unidade nefelométrica de turbidez

mg/L = Miligrama por litro

2.2. PARÂMETRO BIOBIOLÓGICO - MICROSCOPIA

Espécies de microalgas dinoflagelado do gênero *Ceratium* sp. são preferencialmente marinhas e sua presença em água doce de regiões tropical e subtropical tem sido considerada invasiva (Silva et al., 2012). Em águas brasileiras, o primeiro registro foi realizado por (por Ferrareze; Nogueira (2006) e desde então tem-se observado sua expansão em diferentes rios, inclusive com relato de florações. Atualmente espécies do gênero *Ceratium* já se encontram estabelecidas no semi-árido nordestino (OLIVEIRA et al., 2011) e nos estados do RS e PR (CAVALCANTE et al., 2013). Episódios de florações já foram relatados no reservatório de Billings, SP, por Matsumura-Tundisi (2010) e na represa de Furnas, MG, por Silva et al. (2012). Normalmente suas florações não são tóxicas, porém seus efeitos são nocivos para comunidades aquáticas, promovendo condições anóxicas e causando a morte de populações locais (Pitcher e Probyn, 2011).

- 1) No entanto, além das Cyanophyceae, uma nova espécie tem chamado a atenção dos pesquisadores pela sua ocorrência em ambientes de água doce. Dinoflagelados do gênero *Ceratium* geralmente habitam ambientes marinhos, no entanto em vista da menor frequência em ecossistemas de água doce tem sido considerada invasoras em ambientes tropicais e subtropicais (SILVA et al., 2012), embora florações deste gênero sejam comuns em zonas temperadas (HEANEY, 1988; POLLINGHER, 1988; HICKEL, 1988; ECHEVARIA; RODRIGUES 1994).
- 2) Demers e Legendre (1981) salientou, a mistura de duas massas de água pode



desestabilizar a coluna de água, favorecendo a reposição da camada superficial em nutrientes e removendo a superfície dos sedimentos promovendo assim o desenvolvimento florescimento de fitoplâncton floresce, neste caso *Ceratium furcoides*.

Especificamente no Baixo São Francisco, Melo-Magalhaes (comunicação pessoal) relata a ocorrência de *Ceratium sp.* à partir de outubro de 2009 nas seguintes localidades: Entremontes, Pão de Açúcar, Ilha do Ouro, Traipú, São Bras, Porto Real do Colégio, Ilha das Flores e Piaçabuçu.

Este estudo visou registrar ocorrência de *bloom* do dinoflagelado *Ceratium sp.* no Baixo São Francisco.

Foram identificados 9 táxons, pertencentes as divisões: 2 Cyanophyta *sp.*, 2 Bacillariophyta *sp.*, 3 Chlorophyta *sp.*, 1 Cryptophyta *sp.* e 1 Dinophyta *sp.*

A densidade mais elevada foi registrada pelo dinoflagelado *Ceratium sp.*, com 4.827 céls/mL (Tabela 2 e Figuras 1 e 2).

Tabela 2 – Densidade relativa de blomm de microalgas nas águas água do rio São Francisco.

| Espécies de microalgas | Cels. /mL |
|--|--------------|
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii (Woloszynska) Seenayya & SubbaRaju</i> | 180 |
| <i>Dolichospermum spiroides (Klebhan) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek</i> | 20 |
| <i>Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen</i> | 7 |
| <i>Fragilaria crotonensis Kitton</i> | 60 |
| <i>Coelastrum microporum Nägeli in A. Braun</i> | 7 |
| <i>Sphaerocystis schroeteri Chodat</i> | 7 |
| <i>Staurastrum sp</i> | 7 |
| <i>Cryptomonas sp.</i> | 73 |
| <i>Ceratium sp.</i> | 4.927 |
| Densidade total (Cél/mL) | 5.273 |

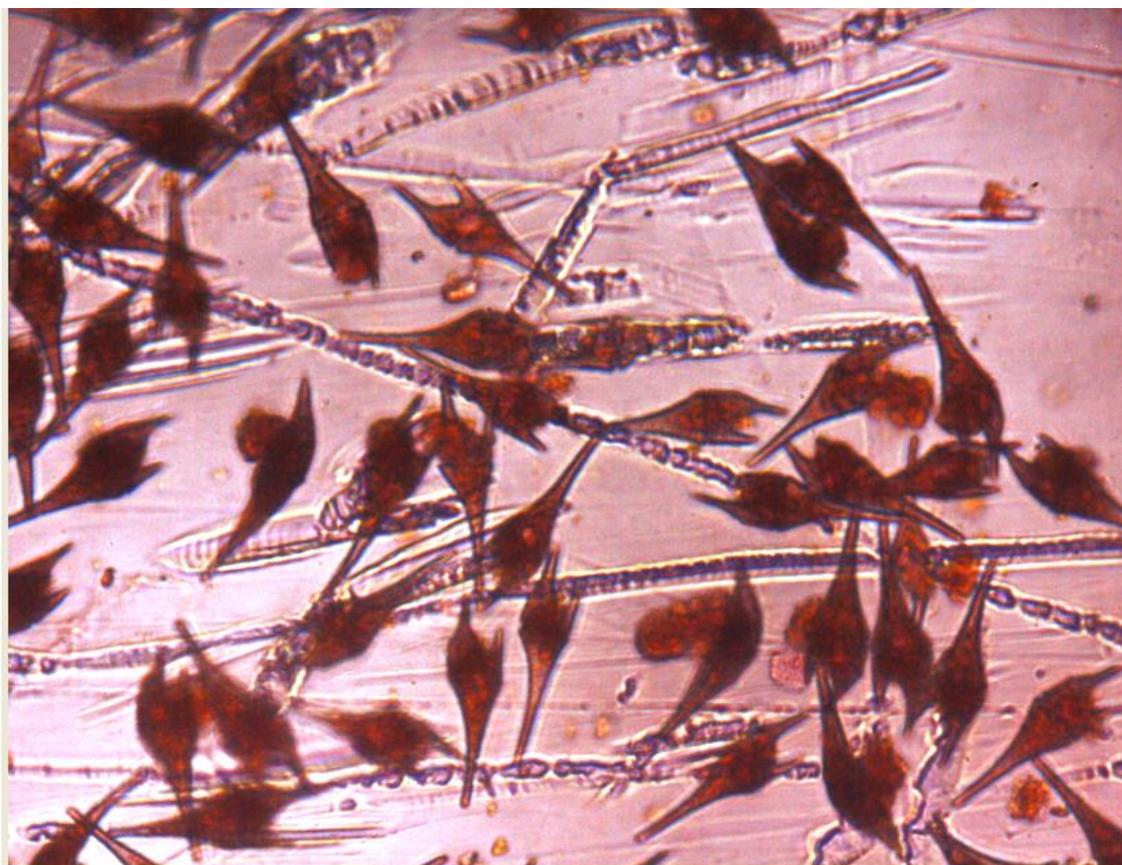


Figura 1 – Foto microscópica de bloom de microalgas dinoflagelado do gênero *Ceratium sp.*

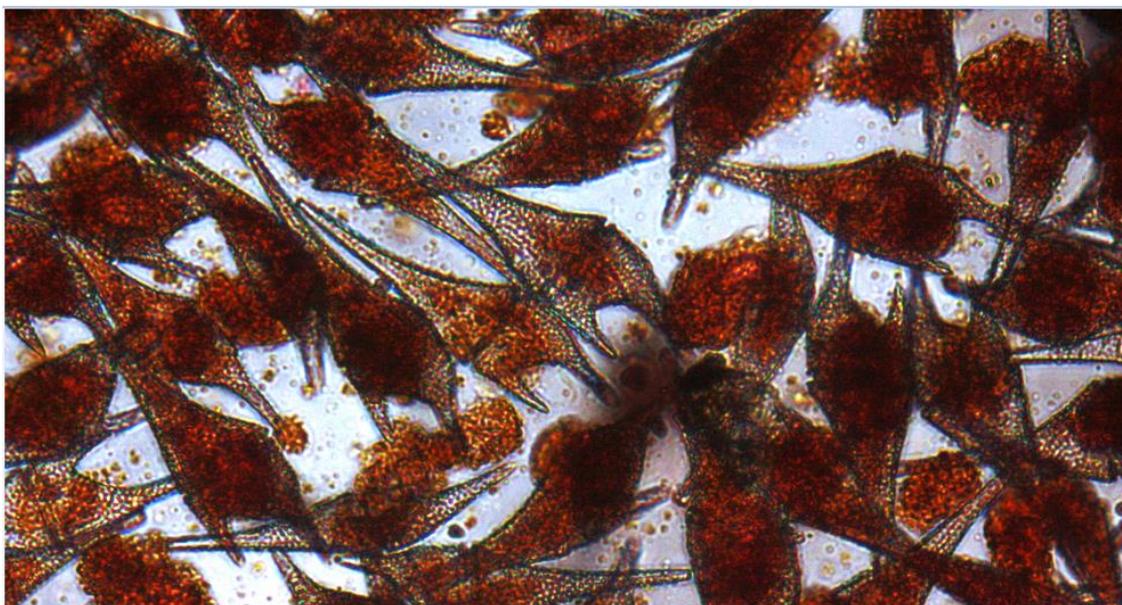


Figura 2 – Foto microscópica de bloom de microalgas dinoflagelado do gênero *Ceratium sp.*



2.3. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO – IET

O Estado Trófico é uma classificação de corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, caracteriza a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas (Tabela 3).

Tabela 3 - Classe de Estado Trófico e suas características principais.

| Valor do IET | Classes de Estado Trófico | Características |
|---------------------------|---------------------------|--|
| ≤ 47 | Ultraoligotrófico | Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água. |
| $47 < \text{IET} \leq 52$ | Oligotrófico | Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes. |
| $52 < \text{IET} \leq 59$ | Mesotrófico | Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos. |
| $59 < \text{IET} \leq 63$ | Eutrófico | Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos. |
| $63 < \text{IET} \leq 67$ | Supereutrófico | Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos |
| > 67 | Hipereutrófico | Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de |



| | | |
|--|--|---|
| | | algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas. |
|--|--|---|

O Índice de Estado Trófico apresentado, será composto pelos Índices do Estado Trófico para o Fósforo total – IET(PT) e Clorofila a – IET(CLa), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para reservatórios, segundo a Equação 1 (IET Média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila-a) e a Classificação do Estado Trófico (Tabela 4).

$$IET = \frac{IET_{PT} + IET_{Cla}}{2}$$

Equação 1

Tabela 4 - Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Calson Modificado, por Lamparelli para Reservatórios (2004).

| CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO - RESERVATÓRIOS | | | | |
|---|---------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Categoria (Estado Trófico) | Ponderação | Secchi – S (m) | P-total – P (mg.m ⁻³) | Clorofila a (mg.m ⁻³) |
| Ultraoligotrófico | IET ≤ 47 | S ≥ 2,4 | P ≤ 8 | CL ≤ 1,17 |
| Oligotrófico | 47 < IET ≤ 52 | 2,4 > S ≥ 1,7 | 8 < P ≤ 19 | 1,17 < CL ≤ 3,24 |
| Mesotrófico | 52 < IET ≤ 59 | 1,7 > S ≥ 1,1 | 19 < P ≤ 52 | 3,24 < CL ≤ 11,03 |
| Eutrófico | 59 < IET ≤ 63 | 1,1 > S ≥ 0,8 | 52 < P ≤ 120 | 11,03 < CL ≤ 30,55 |
| Supereutrófico | 63 < IET ≤ 67 | 0,8 > S ≥ 0,6 | 120 < P ≤ 233 | 30,55 < CL ≤ 69,05 |
| Hipereutrófico | IET > 67 | 0,6 > S | 233 < P | 69,05 < CL |

Considerando as concentrações de Fósforo total e Clorofila-a obtidas nas amostras, os valores do IET nos pontos foram:

- 1) P₁ - foi respectivamente de 74%, classificado como um ambiente HIPEREUTRÓFICO (Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas



- concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas);
- 2) P₂ - foi respectivamente de 57%, classificado como um ambiente MESOTRÓFICO (Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos); e
- 3) P₃ - foi respectivamente de 61%, classificado como um ambiente EUTRÓFICO (Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos uso) (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores de Índice de Estado Trófico – IET nas amostras de água do Rio São Francisco.

| Ponto | IET | Estado Trófico |
|----------------|-----|----------------|
| P ₁ | 74 | Hipereutrófico |
| P ₂ | 57 | Mesotrófico |
| P ₃ | 61 | Eutrófico |

3. DAS CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

- Considerando que as microalgas dinoflagelado *Ceratium spp.* são bioluminescentes. Suas florações, normalmente não são tóxicas, porém seus efeitos são nocivos ao ambiente aquático e em condições adversas serão capazes de proliferar-se em ambientes que apresentam elevados teor nutrientes (fósforo e nitrogênio), tanto através da fotossíntese e fagocintose, elevam-se a concentração de oxigênio dissolvido na água durante o dia e redução no período noturno e elevam-se o teor de turbidez, que pode provocar



mortandade de algumas espécies de peixes por condições anóxicas, principalmente aquelas de cultivo em tanques-rede.

- A determinação do IET revelou que a qualidade da água do Rio São Francisco está ameaçada, uma vez que o ambiente foi classificado como HIPEREUTRÓFICO, tornando assim um corpo d'água afetado significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.
- Diante dos problemas ambientais que pode ser observado em relação à qualidade das águas na região do baixo São Francisco, trecho de Paulo Afonso/BA até Delmiro Gouveia/AL., faz-se necessário considerar que o bloom de espécies de Dinoflagelado do gênero *Ceratium spp.* existente no período de 07/04/2015 até o momento da conclusão do corrente relatório, foi causado pela quantidade exuberante de 85% de matéria orgânica existente nos sedimentos da Barragem de Apolônio Sales (Delmiro Gouveia ou Belvedere), ora, drenado através da operação de Deplecionamento do Reservatório Delmiro Gouveia.

Além da referida quantidade de matéria orgânica, *in situ*, considera-se ainda algumas citações descritas por alguns autores:

- 1) Espécies de dinoflagelado do gênero *Ceratium* são preferencialmente marinhas e sua presença em água doce de regiões tropical e subtropical tem sido considerada invasiva (Silva et al., 2012).
- 2) Frente ao diagnóstico de condições ambientais, as florações de algas, que são caracterizadas como aumento excessivo da biomassa algal, são identificadas como uma resposta destes organismos a um desequilíbrio ambiental, geralmente associado ao aporte de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (OLIVER; GANF, 2002).
- 3) Demers e Legendre (1981) salientou, a mistura de duas massas de água pode



desestabilizar a coluna de água, favorecendo a reposição da camada superficial em nutrientes e removendo a superfície dos sedimentos promovendo assim o desenvolvimento florescimento de fitoplâncton floresce, neste caso *Ceratium furcoides*.

CONSIDERANDO os elementos expostos, atribuímos à Companhia Hidrelétrica do São Francisco – CHESF, uma vez que é a mesma é responsável pela gestão de operacionalização da referida barragem, assumir toda e qualquer responsabilidade quanto ao IMPACTOS AMBIENTAIS causados ao ecossistema aquático do Rio São Francisco (na região do baixo São Francisco), trecho de Paulo Afonso/BA até a região de sua foz Piaçabuçu/AL.

Este é o nosso Parecer Técnico,

ERMI FERRARI MAGALHÃES NETO
Engenheiro Civil
CREA 020237148-4
Diretor de Monitoramento e Fiscalização - IMA/AL

MANUEL MESSIAS DOS SANTOS
Químico/Biólogo
CRQ 01401561
Diretor de Laboratório - DILAB