

# COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS QUALITATIVAS DO AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA – PENTECOSTE/CE, NO PERÍODO DE ESTIAGEM

Josefa Marciana Barbosa FRANÇA<sup>1</sup>, Flávio WACHHOLZ<sup>2</sup>, José Alves Carneiro NETO<sup>1</sup>, Walt Disney PAULINO<sup>1</sup>

- (1) Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos/Cogerh, Rua Adualdo Batista 1550, CEP 60824-140. Fortaleza, Ce. Endereços eletrônicos: marciana.barbosa@cogerh.com.br; alves.neto@cogerh.com.br; wdisneyp@gmail.com.br.  
(2) Curso de Geografia/ Escola Normal Superior/Universidade do Estado do Amazonas, Avenida Djalma Batista, 2470, CEP 69050-010. Manaus – AM. Endereço eletrônico: fwalemao@gmail.com.

Introdução  
Caracterização da Área em Estudo  
Metodologia  
Resultados e Discussões  
Conclusões e Recomendações  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – Pesquisas demonstram que o processo de eutrofização que ocorre nos reservatórios do semiárido brasileiro, está relacionado às altas temperaturas e alterações antrópicas na bacia hidrográfica. Esse fenômeno tem atingido a qualidade da água, e resultado em prejuízos incomensuráveis, especialmente para a sustentabilidade da biota aquática e interferindo diretamente no abastecimento humano e de perímetros irrigados. O objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade da água do açude Pereira de Miranda, localizado no município de Pentecoste, Ceará, a partir de dados limnológicos. A partir da contagem de fitoplâncton observou-se a predominância de espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, como a *Planktolyngbya Agardhii*, *Planktolyngbya sp.* e *Cylindrospermopsis Raciborskii*. Por conseguinte, o resultado da aplicação do Índice de Estado Trófico - IET indicou que o reservatório permaneceu eutrófico todo o ano de 2012, período de realização do estudo, e que a aceleração desse processo está ocasionando a redução do oxigênio na camada do hipolímnio, e intensificando os processos de estratificação e desestratificação nos perfis verticais da coluna de água referentes às variáveis temperatura, condutividade elétrica e pH da água.

**Palavras-Chave:** qualidade de água, parâmetros limnológicos, eutrofização, estratificação, cianobactérias.

**ABSTRACT** – Studies show that the eutrophication process that occurs in the reservoirs of the Brazilian semiarid region, is related to the high temperatures and anthropogenic changes in the watershed. This phenomenon has affected water quality and result in losses immeasurable, especially for the sustainability of aquatic biota and interfering directly in the human supply and irrigation schemes. The objective of this study is to assess the water quality of the reservoir Pereira de Miranda, the municipality of Pentecoste, Ceará, from limnological data. From the counting of phytoplankton observed the predominance of species of potentially toxic cyanobacteria, as *Planktolyngbya Agardhii*, *Planktolyngbya sp.* and *Cylindrospermopsis Raciborskii*. Therefore, the result of applying the Trophic State Index - IET indicated that the eutrophic reservoir remained full year 2012, the period of the study, and the acceleration of this process is causing the reduction of oxygen in the hypolimnion layer, and intensifying processes of stratification and destratification in the vertical profiles of the water column on the variables: temperature, conductivity and pH of the water.

**Keywords:** water quality, parameters limnology, eutrophication, stratification, cyanobacteria.

## INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados à escassez de água no Ceará constam deste o período colonial. A “Grande Seca” que atingiu o Nordeste, entre os anos de 1877 e 1879, acarretou em impactos negativos com a morte de um grande número de animais, e o sofrimento para milhares de pessoas que se viram obrigados a imigrarem para os núcleos urbanos. Posteriormente a este acontecimento, inicia-se a construção de reservatórios públicos que visaram mitigar os efeitos adversos das secas.

Tundusi (1986, segundo Amorim, 2001) define as represas como sistemas artificiais complexos, intermediários entre rios e lagos, cuja evolução depende de vários processos que ocorrem no tempo e no espaço. O conhecimento destes processos permite avaliar a evolução das comunidades planctônicas, bentônicas e de peixes, bem como a composição físico-química da água e do sedimento.

Os reservatórios são ecossistemas lacustres especiais, nos quais suas propriedades físicas,

químicas e biológicas são fortemente condicionadas pelas flutuações do nível d'água causadas por periódicas, geralmente sazonais, recargas naturais e pela influência antropogênica (Wetzel, 1993; Geraldés & Boavida, 1999; segundo Ribeiro, 2007).

As constantes agressões aos recursos hídricos e ao meio ambiente vêm comprometendo a disponibilidade de água para o abastecimento humano, a produção de alimentos saudáveis, e a preservação da biodiversidade aquática, representando uma grave ameaça pelo acelerado processo de eutrofização.

A EPA (1997) define eutrofização como sendo o enriquecimento de um ecossistema aquático com nutrientes (nitratos, fosfatos) ocasionando a aceleração da produtividade biológica (crescimento de algas e plantas daninhas) e um indesejável acúmulo de biomassa de algas.

De acordo com Davis & Koop (2006) a aceleração da eutrofização relaciona-se ao aumento dos nutrientes, incidência de radiação solar, e processos de estratificação. Segundo os mesmos, a estratificação dos reservatórios profundos de água doce da Austrália geralmente começam na Primavera, neste período, ocorre a redução da concentração de oxigênio no

hipolímnio que aumenta a liberação de nutrientes dos sedimentos, onde permanecem armazenados até ocorrer a mistura da coluna de água em consequência dos ventos nos meses de maio ou Junho. A desestratificação libera uma grande carga de nutrientes para a zona fótica ficando disponíveis para o fitoplâncton.

Segundo Esteves (1998), na grande maioria dos casos, a estratificação da coluna d'água é consequência do efeito da temperatura sobre a densidade da água, ou seja, quando diferenças de temperatura geram camadas d'água com diferentes densidades, que em si já formam uma barreira física, impedindo que se misturem. Não sendo a energia do vento suficiente para misturá-las (instabilidade térmica), o calor não se distribui uniformemente, criando assim as condições para que ocorra o fenômeno da estabilidade térmica.

Como supracitado, o objetivo principal deste trabalho é o de avaliar a qualidade de água do açude Pereira de Miranda. Entretanto, serão apresentados os elementos que caracterizam a área de estudo, bem como o detalhamento a respeito da metodologia empregada, para então lançarmos mão das considerações sobre os resultados alcançados.

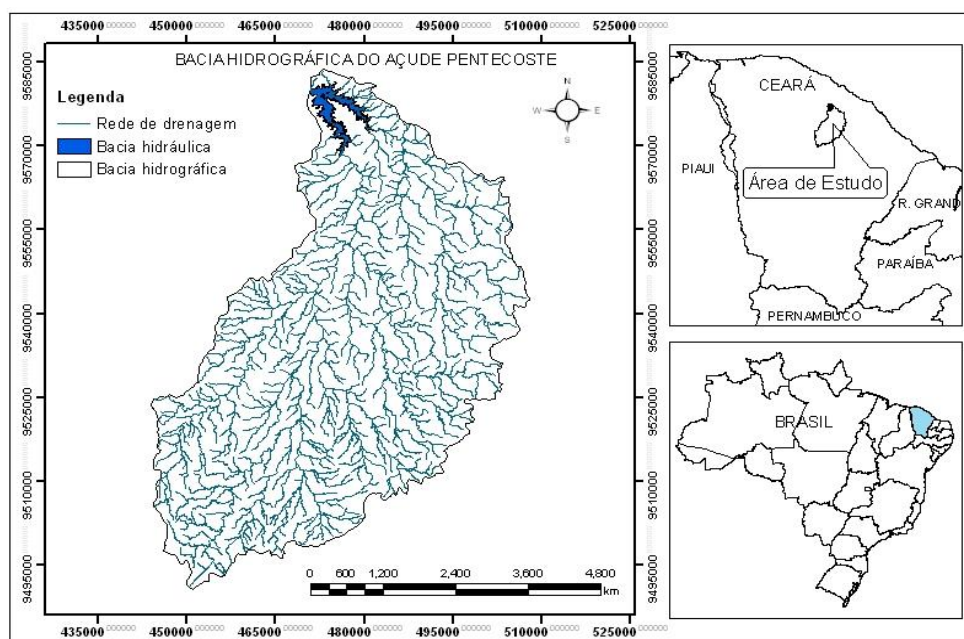
## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área em estudo compreende o açude Pereira de Miranda, construído em 1957, localizado no município de Pentecoste, estado do Ceará, popularmente conhecido como "Açude Pentecoste".

O vertedor do Açude está localizado nas coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) 9.579.848 mN e 470.964 mE. A área de drenagem da represa corresponde a 2.840 km<sup>2</sup>, a bacia hidráulica de 5.700 ha com capacidade de armazenamento de 395.638.000 m<sup>3</sup> (SRH, 2013).

A rede de drenagem é composta pelos rios: Canindé, Capitão Mór, Juriti, Batoque, e os

riachos: Aroeira, Bom Sucesso, Cachoeira, Cedro, Meio, Mel, Serrote, Macacos, Salgado, Seriema. A interligação a outros reservatórios garantem o fornecimento de água para atender a demanda do núcleo urbano e a dois perímetros irrigados, que são o Curu-Paraipaba e o Curu-Pentecoste. A bacia hidrográfica compõem-se em parte dos municípios de Apuiarés, Maranguape, Pentecoste, Caridade, Paramoti, Guaramiranga, Palmácia, Maranguape, Mulungu, Caridade, Canindé e Aratuba (COGERH, 2013). Através da visualização da Figura 1 pode-se identificar a localização da área em estudo.



**Figura 1.** Mapa de localização do açude Pentecoste, Ceará.

A região apresenta índices pluviométricos médios de  $817 \text{ mm.ano}^{-1}$ , concentrados nos meses de janeiro a abril. A temperatura varia de  $26$  a  $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , altitude de  $60 \text{ m}$  e evaporação de  $1.436 \text{ mm.ano}^{-1}$ . (IPECE, 2006). A bacia hidrográfica apresenta relevo de depressão sertaneja, tabuleiros pré-litorâneos e planícies fluviais, sendo a cobertura vegetal predominante de caatinga arbustiva densa, complexo vegetacional da zona litorânea e floresta mista dicotillo-palmacea (IPECE, 2006).

O solo compõe-se de Luvisolos “iluvial” são solos com acumulação de argila com alta saturação por bases; Neossolos “novo” pouco desenvolvido geneticamente; Planossolo Solódico - horizonte B plântico; e argissolos - acumulação de argila Tb ou Ta (baixa ou alta atividade da fração argila) dessaturado de bases (EMBRAPA, 2006).

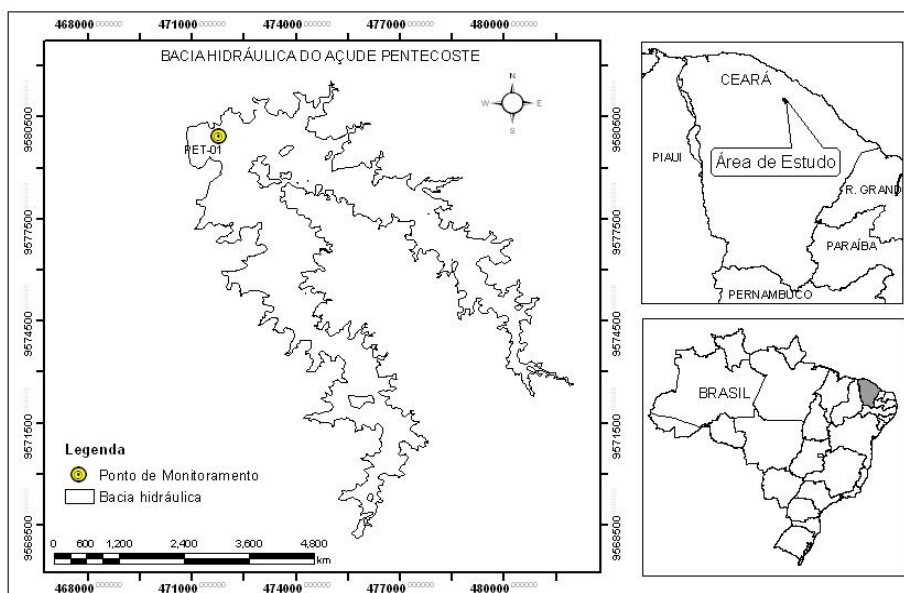
O perfil do uso e ocupação do solo na superfície são predominantemente cultivos de feijão, milho e mandioca, inclusive, utilizando-se das várzeas, sendo que a maioria dos produtores rurais da região são pequenos e médios agricultores, os quais exploram suas atividades em reduzidas faixas de áreas agrícolas (COGERH, 2013). Referente ao saneamento básico constatou-se que ocorre

poluição causada pelo lançamento de esgotos domésticos diretamente no açude e nos riachos a montante da represa. Constatou-se, ainda, a prática da criação extensiva de animais, na sua maioria de gado bovino, sendo desenvolvida de forma dispersa nas margens e no entorno do açude. As águas do reservatório se destinam ainda para atender a atividade de piscicultura superintensiva em tanques-rede (COGERH, 2013).

## Metodologia

Os dados aplicados neste trabalho foram fornecidos pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará. – COGERH. A instituição fez as coletas das variáveis limnológicas na zona lacustre, em um único ponto representativo da maior capacidade volumétrica, ou seja, na zona de maior profundidade, que fica localizada próxima ao barramento e que tem maior capacidade de armazenamento.

O mapa da Figura 2 apresenta a localização do ponto de monitoramento do período em análise, cuja coordenada em UTM (*Universal Transversa de Mercator*):  $9.579.934 \text{ mN}$  e  $471.765 \text{ mE}$ , foi captada com uso de GPS (*Sistema de Posicionamento Global*).



**Figura 2.** Localização do ponto monitorado na região do açude Pentecoste-CE.

A perfilagem da coluna de água, com aproximadamente 14 m de profundidade, para obtenção dos parâmetros temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) foram obtidos através da utilização de sonda multiparamétrica YSI,

modelo 6600 V2. As campanhas foram realizadas mensalmente a aproximadamente as 09h00min nos meses de abril a setembro de 2012. A metodologia de determinação dos demais parâmetros é citada a seguir (Tabela 1).

**Tabela 1.** Metodologias utilizadas para determinar os parâmetros limnológicos.

Parâmetro	Unidade	Metodologia
Fósforo total	mg/L	Ácido ascórbico (4500-P E) - APHA, 2005.
Clorofila <i>a</i>	$\mu\text{g}/\text{L}$	Espectrofotométrico (10200 H) - APHA, 2005.
Fitoplâncton	Células/mL	Sedgewick-Rafter - do Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 2012

Os dados de precipitação para o período em estudo foram retirados do *site* da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) referente ao Município de Pentecoste e as variações de velocidade do vento foram feitas o *download* a partir Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Guaramiranga, coordenadas geográficas latitude:  $-4.26^{\circ}$ , longitude:  $-38.93^{\circ}$ .

A partir das variáveis coletadas em campo “*in loco*”, avaliou-se os parâmetros

limnológicos de qualidade da água e a possível alteração da hidrodinâmica do reservatório. Para avaliar a qualidade da água do “Açude Pentecoste”, utilizou-se o Índice de Estado Trófico (IET), o que possibilitou a classificação do corpo hídrico em níveis tróficos. O cálculo do estado trófico seguiu o método desenvolvido por Carlson, mas modificado por Toledo et al. (1984), cuja classificação se estabelece de acordo com os níveis e valores apresentados na tabela 2.

**Tabela 2.** Classificação do estado trófico de acordo com uso IET. Fonte: Cetesb, 2002.

Estado trófico	Fósforo total (mg/L)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Critérios	Classe
Oligotrófico	0,007- 0,026	0,52 - 3,81	$IET \leq 44$	1
Mesotrófico	0,027 - 0,052	3,82 - 10,34	$44 < IET \leq 54$	2
Eutrófico	0,053 - 0,211	10,35 - 76,06	$54 < IET \leq 74$	3
Hipereutrófico	> 0,211	> 76,06	$IET > 74$	4

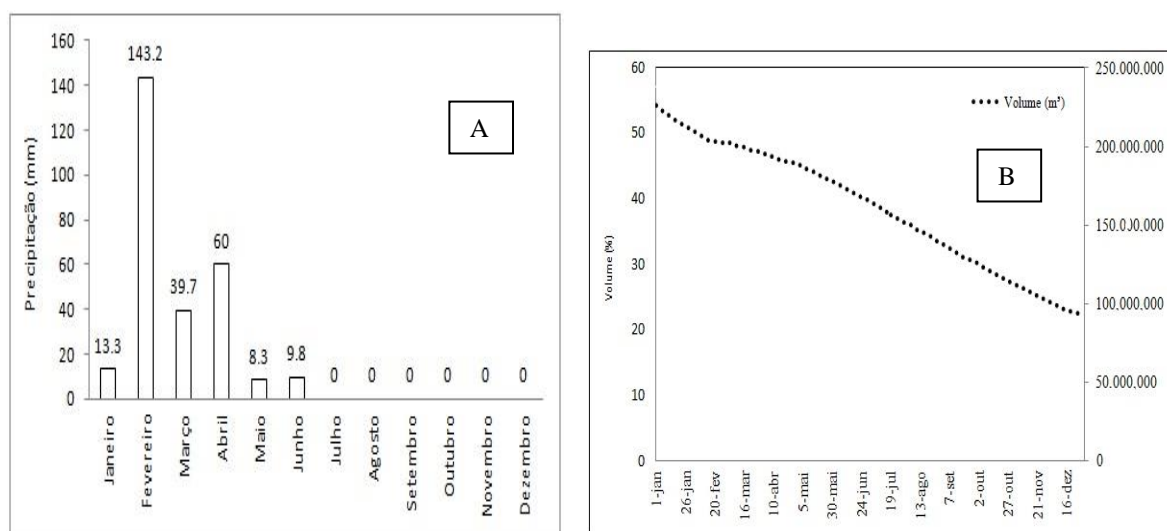
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ano de 2012 foi considerado seco, atingindo precipitação total anual de 274.6 mm.ano<sup>-1</sup> (Figura 3A), não obstante, a média é de 817 mm.ano<sup>-1</sup> (IPECE, 2006). A estiagem ocasionou uma redução no volume de armazenamento para atender aos usos múltiplos, como o abastecimento dos perímetros Curu-Pentecoste e Curu-Paraipaba, e sede do município de Pentecoste.

No início do ano de 2012 (01/Janeiro) o reservatório “Pentecoste” encontrava-se com 226.026.240 m<sup>3</sup> da sua capacidade, ou seja, 57% do volume de armazenamento. As baixas precipitações e os altos índices de evaporação, 1.436 mm.ano<sup>-1</sup> no município de Pentecoste/CE, juntamente com a retirada de

água para atender aos múltiplos usos ocasionou a redução do volume de armazenamento para aproximadamente 20% em 31 de dezembro/2012 (Figura 3B).

Pinto (2012) considera que apesar das reservas hídricas serem abundante no Brasil, esse recurso não chega a todos os brasileiros na mesma quantidade devido às características geográficas de cada região. Além disso, o uso inadequado de boa parte da água tem poluído esse recurso diminuindo a sua quantidade e qualidade em consequencia do desenvolvimento dos processos de eutrofização, devido à ocupação do solo próximo a esses corpos d’água.



**Figura 3.** Distribuição da precipitação no município de Pentecoste/2012 (A) (Fonte: Funceme) e evolução do volume de armazenamento no reservatório em 2012 (B) (Fonte: Cogeh).

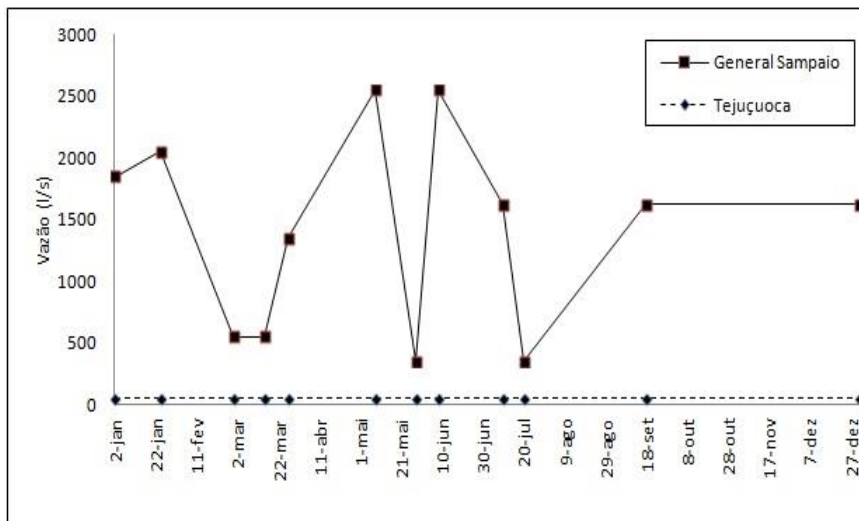
Para atender a tais demandas a represa recebe aporte afluente do açude General Sampaio que tem capacidade de 322.200.000 m<sup>3</sup> e a bacia de drenagem de 1.720 km<sup>2</sup> e do açude Tejuçuoca que tem capacidade de 28.110.000 m<sup>3</sup> e a bacia de drenagem 180 km<sup>2</sup>,

ambos localizados à montante. Pode-se visualizar na Figura 4 que a maior contribuição é proveniente do açude General Sampaio (média 1.367,75 l.s<sup>-1</sup>, desvio padrão de 801 l.s<sup>-1</sup>), no entanto, a vazão afluente do Açude

Tejuçuoca foi constante em todo o período (50 l.s<sup>-1</sup>).

As direções mais frequentes dos ventos na área de estudo são provenientes da zona Nordeste e Leste, sendo que, o entorno do

reservatório Pereira de Miranda não tem presença de serras ou outro tipo de barreira “bloqueio” natural.



**Figura 4.** Evolução do aporte afluyente (l.s<sup>-1</sup>) para o açude Pentecoste em 2012. Fonte: Cogerh.

Conforme Hespanhol et al. (1978), o aumento de profundidade favorece a uma queda de temperatura e consequente aumento de densidade, ocasionando assim, uma resistência à circulação vertical da água. Sendo que a falta de circulação nas camadas inferiores tornará o ambiente anóxico, possibilitando a ocorrência de gás metano e gás sulfídrico.

No período de inversão da coluna de água é comum ocorrer à depreciação da qualidade da água em consequência dos constituintes do fundo ressuspender na coluna de água, ocasionando a redução do oxigênio na superfície. A ocorrência desses eventos tem levado a grande mortandade de peixes nos reservatórios cearenses.

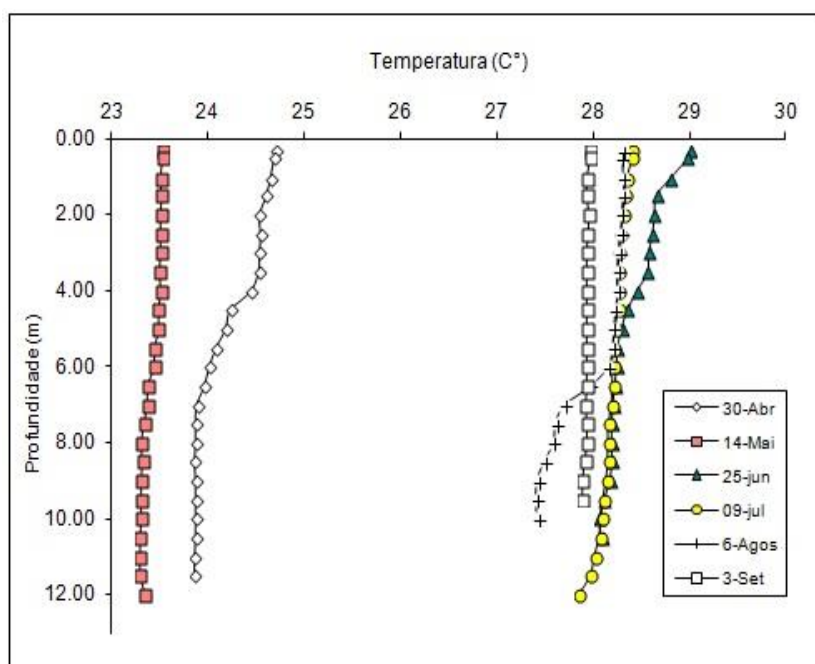
Segundo Codd et al. (2005), existem diversos relatórios no mundo relacionado com as espécies de cianobactérias, cianotóxicas e consequência da ingestão para a saúde humana e animal. Os dados relatam o crescimento excessivo de cianobactérias tóxicas com consequente perda biodiversidade em escala global, no entanto, as pesquisas de gestão para neutralizar a produção e os efeitos adversos de crescimentos de massa de cianobactérias e cianotoxinas estão concentradas a um pequeno número de países e lentamente ocorre a

ampliação do reconhecimento e a consciência da ocorrência de cianobactérias tóxicas.

As toxinas, ou cianotoxinas, são compostos sintetizados secundariamente e de efeito nocivo para outras células, tecido ou organismo e acredita-se que atuam como proteção contra a herbivoria. O potencial tóxico das cianotoxinas é variável, podendo levar à morte animais e humanos pela ingestão ou pelo contato com florações tóxicas (Montagnoli et al., 2004).

No Açude Pentecoste foi possível verificar processos de estratificação e desestratificação ao longo do ano de 2012 para todas as variáveis analisadas. Pode-se constatar a partir da Figura 5 que nos dias 30/abril, 25/junho e 06/agosto, aproximadamente 09h00min (ambos os períodos), ocorreram variações significativas que tornaram o perfil da região lacustre estratificado termicamente, nos demais dias não se obteve padrão definido.

A partir do gráfico supracitado, é possível visualizar ainda um aumento significativo na temperatura (°C) referente ao segundo semestre do ano, que se caracteriza pela pouca precipitação, “estação seca”, e que têm influência nos processos cinéticos do meio ambiente. Por sua vez, as menores temperaturas no primeiro semestre podem estar relacionadas aos dias chuvosos ou nublados.



**Figura 5.** Variação do perfil de temperatura (°C) no ponto PEN-01.

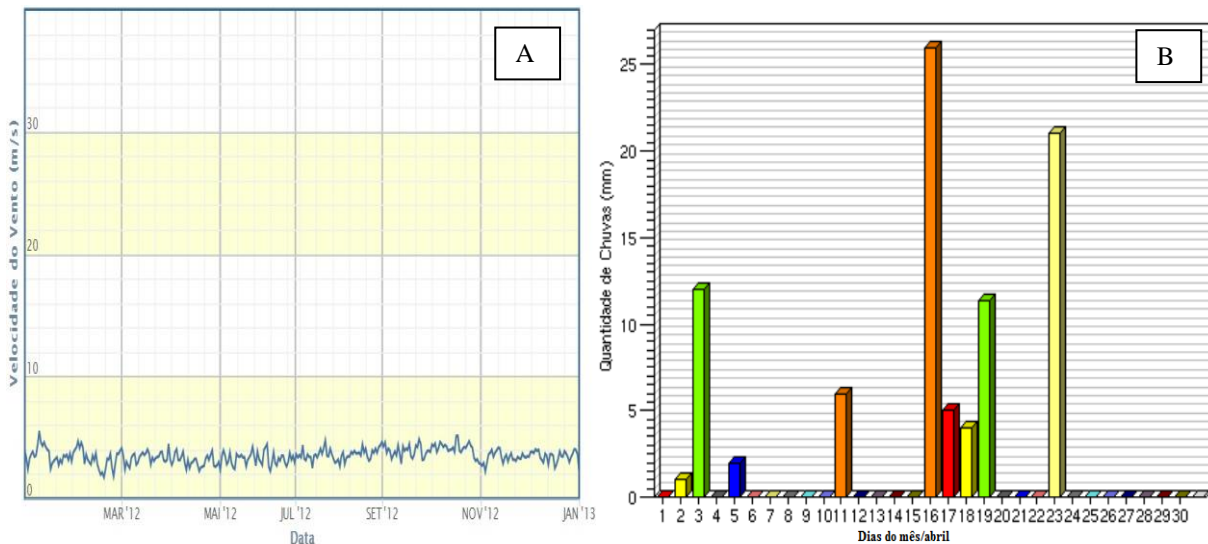
O aporte dos fluxos afluentes, a presença de variáveis climatológicas como ventos, radiação solar e a forma hidráulica de compartimentação “morfometria” são os principais fatores que alteram o comportamento da hidrodinâmica do reservatório.

Pode-se relacionar que o principal fator que condicionou a estratificação em 30/abril (Tabela 3) está relacionado à baixa velocidade dos ventos (média diária de  $2,8 \text{ m.s}^{-1}$ ) e também a ausência de precipitação local (Figura 6B), visto que, a vazão do açude General Sampaio

de  $2.000 \text{ l.s}^{-1}$  atingiu o máximo da contribuição do fluxo afluente neste dia (Figura 4). A temperatura e insolação neste período “primeiro semestre” é mais amena, devido à precipitação na região. Para o dia 25/junho, não se tem dado de velocidade “falta de leitura na PDC”. Em 06/agosto, também se verificou a estabilização da coluna de água com conseqüente formação das camadas “epilímnio, metalímnio, hipolímnio” cuja média diária de velocidade dos ventos foi de  $2,6 \text{ m.s}^{-1}$ .

**Tabela 3.** Dados de velocidade do vento no dia 30 de abril de 2012.

Dados da PDC do INMET					
Horas do dia	00h00min	06h00min	12h00min	18h00min	00h00min
Velocidade dos ventos (m/s) em 30/abril	2	4	4	2	2
Velocidade dos ventos (m/s) em 06/agosto	1	3	4	3	2

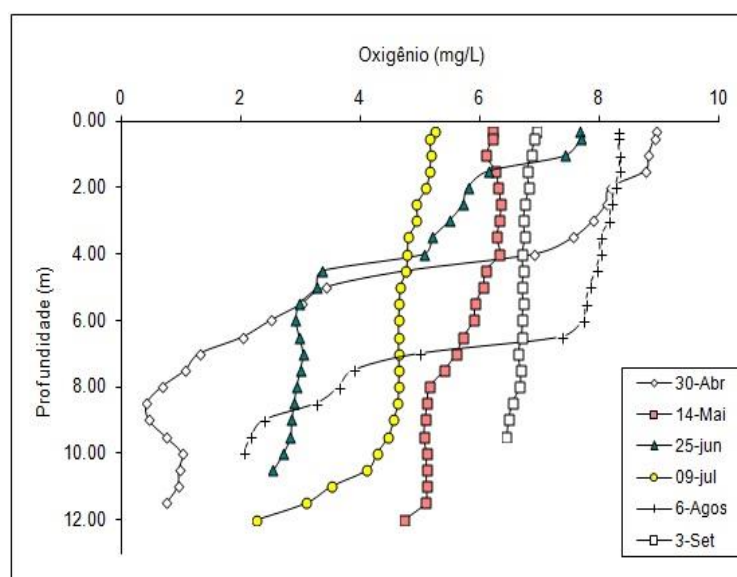


**Figura 6.** Velocidade do vento (m/s) da PCD referente ao ano de 2012 (A) (Fonte: INMET) e dados de precipitação diária do dia 30/abril de 2012 (B) (Fonte: Funceme).

O oxigênio dissolvido na água pode ser proveniente da atmosfera e dos processos fotossintéticos e estão disponíveis de acordo com a pressão atmosférica local e temperatura. O mesmo pode ser um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas ambientais. Durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio.

Com base na Figura 7, pode-se constatar que ocorreram padrões de estratificação química nos mesmos períodos que ocorreram

estratificação térmica, e no dia 9/julho de 2012. Nesses períodos os processos de degradação da matéria orgânica do hipolímnio, com baixa concentração do oxigênio “hipóxia”, são realizados principalmente por processos heterotróficos, o que ocasiona a formação de gases tóxicos. A concentração de oxigênio dissolvido mostrou que pode ocorrer estratificação química independentemente da estratificação térmica. Sendo que a supersaturação do oxigênio na camada da superfície é consequência da presença de fitoplâncton, pois se verificou que a represa encontra-se eutrofizada.



**Figura 7.** Variação do perfil do oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) no ponto PEN-01.



**Tabela 4.** Resultado dos perfis da coluna d'água (superfície, fundo) dos períodos em estudo.

Períodos	Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	
	Superfície	Fundo
30-Abr	8.95	0.75
14-Mai	6.23	4.75
25-Jun	7.67	2.54
9-Jul	5.26	2.28
6-Agos	8.31	2.05
3-Set	6.95	6.45

A partir dos resultados apresentados, pode inferir que as vazões afluentes influenciam menos nos processos de estratificação e desestratificação térmica e química, que a presença das velocidades dos ventos. Analisando o perfil da zona lacustre no dia 30/abril de 2012, cuja vazão afluente atingiu o pico máximo (Figura 4), no entanto, a concentração de oxigênio dissolvido no hipolímnio obteve o menor resultado (0,75 mg.L<sup>-1</sup>).

O pH do ambiente relaciona-se com os processos fotossintéticos e com a disponibilidade da concentração de matéria orgânica disponível, ou seja, o aumento dos processos fotossintéticos, ocasiona a elevação do pH e consequente redução da matéria orgânica.

Segundo Pereira (2004), a acidez no meio aquático é causada principalmente pela presença de CO<sub>2</sub>, ácidos minerais e sais hidrolizados. Sendo que, quando um ácido reage com a água, o íon hidrogênio é liberado, acidificando o meio. As variações do pH no corpo hídrico estão relacionadas a diversas causas como: dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese.

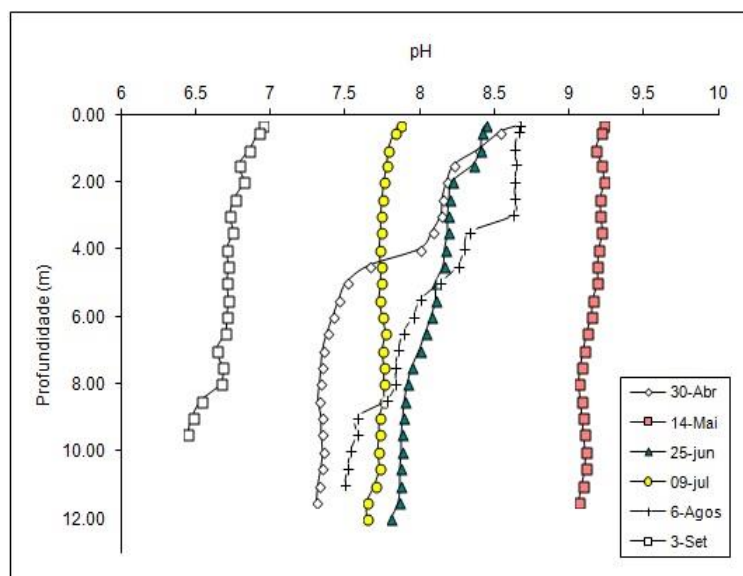
Verifica-se na Figura 8 que ocorreram padrões de estratificação nos perfis de 30/abril, 06/agosto e em 25/junho. Os resultados apontam um intenso processo fotossintético, ou seja, os altos valores de pH nos perfis relaciona-se com os processos de eutrofização, que são predominantes na represa. Constatou-se maiores temperaturas e presença de nutrientes proveniente de alterações antrópicas e naturais.

Pode-se visualizar que ocorreu a redução do pH ao longo do perfil vertical, contudo, é comum ocorrer a redução do pH na camada mais profundas, pois esta região é rica em CO<sub>2</sub> proveniente da biodegradação heterotrófica, o que consequentemente reduz essa variável ambiental.

No dia 14/maio, o pH atingiu o maior valor, este fato está associado ao maior aporte de nutrientes devido as chuvas que trazem sedimentos, plantações no entorno do reservatório, ou mesmo, fontes de poluição (esgoto, lixo) próximo ao reservatório que aumentou significativamente os processos fotossintéticos e consequentemente essa variável.

Em 03/setembro verificou-se os menores valores de pH. Um dos fatores responsável pela redução do pH em ambientes aquáticos são processos biológicos de nitrificação que consome alcalinidade e consequentemente reduz o pH. Conforme Santiago et al. (2007), no processo de nitrificação uma substancial quantidade de alcalinidade é consumida durante o processo de nitrificação (7,14 g CaCO<sub>3</sub>/g NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N oxidado).

Conforme Vieira (2013), O pH de águas naturais varia de 6,5 a 8,5, sendo que, valores na faixa de 6 a 9 são considerados compatíveis, a longo prazo, para a maioria dos organismos; contudo, são letais quando estão fora dessa faixa. O pH acima de 8 intensifica o processo de eutrofização, pois os fosfatos adsorvidos aos hidróxidos de ferro (III) e de alumínio depositados no sedimento de fundo dos mananciais, são novamente liberados, enriquecendo as águas com nutrientes.

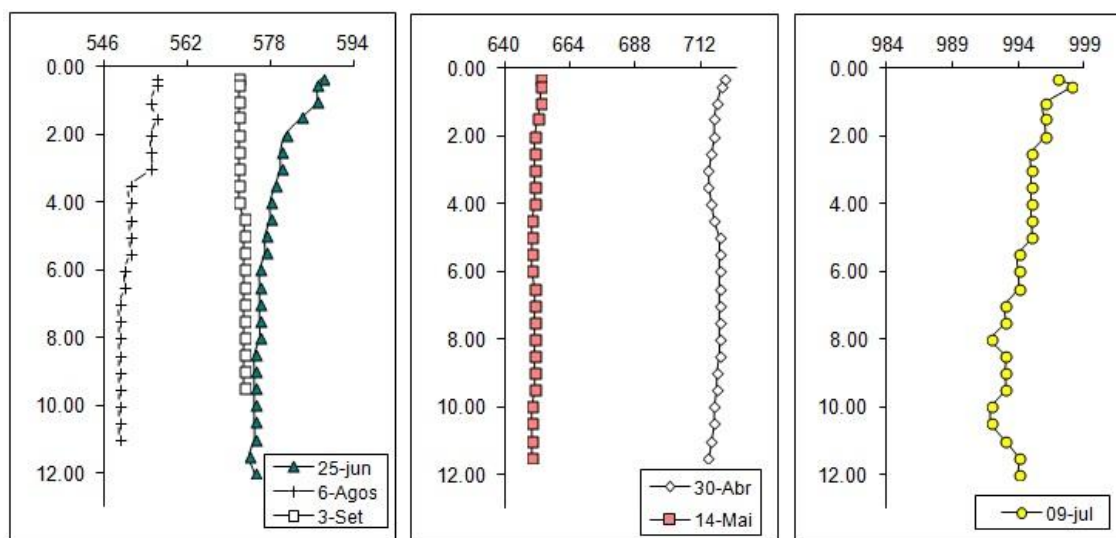


**Figura 8.** Variação do perfil do pH no ponto PEN-01

A condutividade elétrica representa a concentração de sais totais presente na coluna de água, sendo este o indicador de estratificação salina “quimioclina”. Pode-se visualizar na Figura 9, que os períodos 25/junho e 6/agosto apresentam padrão de estratificação. Os valores para ambos os períodos “inverno, verão” permaneceram sempre elevado. Pode-se verificar que o menor valor foi  $572 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (03/setembro) e máximo de  $997 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (09/julho). Pode-se inferir que em setembro a intensa degradação da matéria por processos biológicos reduziram a carga de sais e nutrientes, que conseqüentemente reduziu a condutividade elétrica ou mesmo redução por processos de sedimentação relacionado a

processo físico-químico.

Pesquisas realizadas por Vercellino & Bicudo (2006) também identificou esse padrão de condutividade reduzida no período de seca, quando realizava pesquisa com sucessão da comunidade das algas perifíticas em reservatório oligotrófico, onde quantificou que a condutividade elétrica no período seco atingiu média de  $36 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e no período chuvoso de  $46 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . No entanto, estudo feito por Garcia et al. (2012), em reservatório eutrofizado identificou valor de condutividade elétrica elevado de  $824 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no mês de março, considerado período de estiagem, e de  $265 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no mês de julho, período de inverno.



**9.** Detalhe dos perfis de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) no ponto PEN-01.

**Figura**

Ambientes hipereutróficos ou mesmo mesotróficos em reservatórios são inadequadas para implementação de parques aquícolas, visto que, pode ocorrer problemas como a depleção dos valores de oxigênio dissolvido ou a ocorrência de florescimentos de cianobactérias são comuns em ambientes de águas eutróficas (UFMG, 2005).

Identificou-se pela aplicação do índice que a qualidade da água é classe 3 (resolução CONAMA 357 de 2005), ou seja, no período em estudo o reservatório permaneceu eutrófico (Tabela 4), sendo este resultado motivo de preocupação para as companhias de monitoramento e de saneamento que realiza o tratamento da água para abastecimento humano.

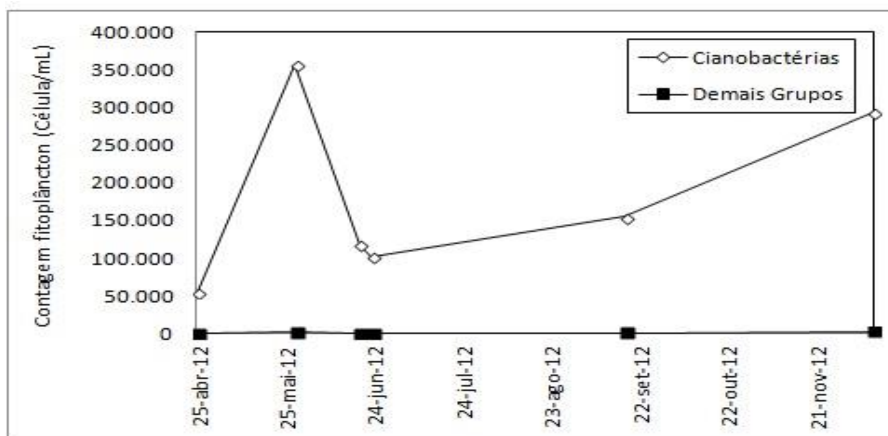
**Tabela 4.** Resultados do Índice de Estado Trófico no açude Pentecoste. Fonte: Cogerh.

Data	Fósforo mg P/L	Clorofila a (µg/L)	IET Total	Classificação
25/04/12	0.221	23.65	69	Eutrófico
28/05/12	0.097	14.62	65	Eutrófico
19/06/12	0.233	18.07	68	Eutrófico
23/07/12	0.027	15.54	61	Eutrófico
17/09/12	0.078	20.56	65	Eutrófico
06/11/12	0.095	1.6	59	Eutrófico

A eutrofização no reservatório “Pentecoste” está tornando a camada do hipolímnio anóxica (Figura 7), tal processo também pode ser evidenciado pela predominância de cianobactérias potencialmente produtoras de cianotoxinas em relação aos demais grupos de fitoplâncton (Figura 10). Nenhum dos resultados de contagem das cianobactérias atenderam aos padrões da Resolução

CONAMA N°357/2005 recomendados para classe 2 de 50.000 células.mL<sup>-1</sup>.

Segundo Hulot et al. (2012), as florações de cianobactérias tóxicas induz a mudança no uso da água, tornando-a inutilizada para uso doméstico, agrícola e recreação, sendo que o aumento de espécies tóxicas como a *Planktothrix Agardhii* reduz a predação pelo zooplâncton.



**Figura 10.** Predominância das cianobactérias em relação aos demais grupos. Fonte: Cogerh.

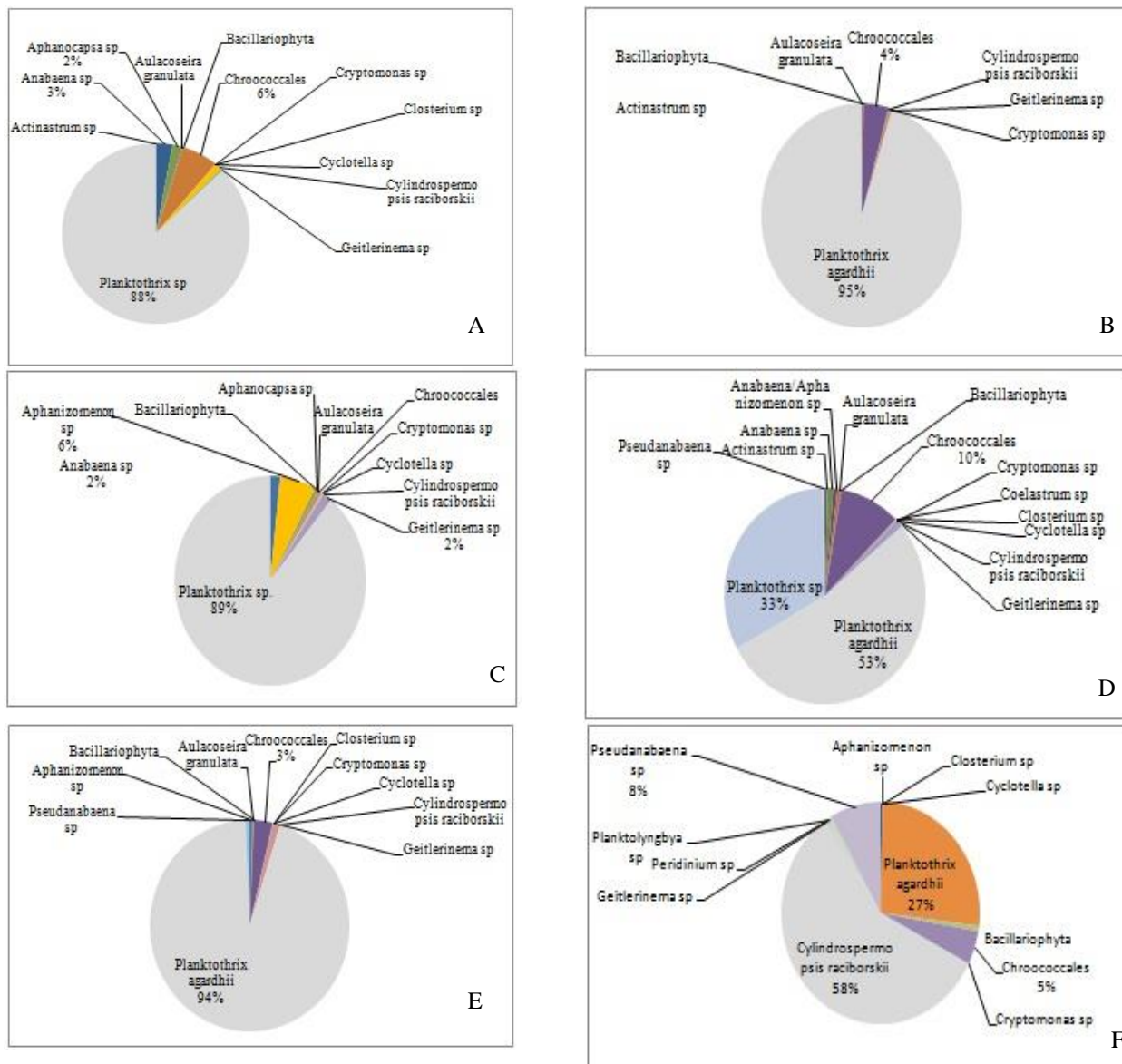
A Figura 11 apresenta os resultados de análise de fitoplâncton, incluindo contagem de cianobactérias e demais grupos no ponto PET-01. Todas as coletas foram realizadas a aproximadamente 0,3 m na camada superficial da represa. Verifica-se que o gênero *Planktothrix* é a principal fitoplâncton encontrado nas campanhas, exceção apenas no período de setembro, onde foi identificada a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*.

As espécies de cianobactérias *Planktothrix agardhii*, *Planktothrix sp.* e *Cylindrospermopsis raciborskii* dominantes no reservatório, são descritas nas pesquisas realizadas por Hulot et al. (2012), como potencialmente tóxicas. Segundo Oliveira, (2001), as condições ideais para a proliferação desse tipo de espécies estão associadas a temperaturas médias diárias acima de 25 °C, concentrações de nutrientes numa razão N:P (nitrogênio:fósforo) entre 20:1 e

10:1, com o pH acima de 7,5, fatores esses que podem ocasionar florações relacionadas à eutrofização artificial.

O reservatório Pentecoste/CE apresenta indicadores qualitativos que promovem a proliferação de organismos potencialmente tóxico “cianobactérias”, visto que, o pH

apresentou resultado acima de 7,5, exceto no mês de setembro, e a temperatura é sempre elevada, principalmente no segundo semestre, onde atingiu valores de 29 °C no dia 25 de junho. As perfilagem foram realizadas próximo das 09h00min, sendo que, as temperaturas tendem a aumentar ao longo do dia.



**Figura 11.** Espécies de fitoplâncton presentes em abril (A), maio (B), junho (C), julho (D), agosto (E) e setembro (F) no ponto monitorado PET-01.

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Verificou-se a partir dos perfis verticais da coluna de água que os processos de estratificação e desestratificação das variáveis limnológicas “temperatura, oxigênio” ocorrem de maneira independentes, onde o forçante externo vento tem maior influência que as vazões afluentes.

Os valores elevados do pH relacionam-se com a alta atividade metabólico do fitoplâncton. A condutividade elétrica também apresentou valores altos em todo o período de estudo, típico dos ambientes eutrofizados, com baixo volume de armazenamento devido ao período de estiagem.

Constatou-se por aplicação do índice de IET que o reservatório estava eutrofizado, e a decomposição da matéria orgânica na camada do hipolímnio está tornando a região praticamente anóxica em alguns dos perfis verticais monitorados. A partir desses resultados recomenda-se que não seja realizada a criação de piscicultura intensiva, visto que, pode ocorrer mortandade em períodos de desestratificação da coluna de água.

Considerando-se que as espécies de cianobactérias *Planktothrix* *Agardhii*,

*Planktothrix* *sp.* e *Cylindrospermopsis* *Raciborskii* dominantes do corpo hídrico, são descritas na literatura como produtoras de toxinas nocivas ao homem e ao meio ambiente, faz-se necessário evitar a entrada de nutrientes proveniente das atividades antrópicas no entorno e na bacia de contribuição da represa.

Recomenda-se ampliar o número de pontos do monitoramento para outras zonas da represa com o objetivo verificar a compartimentação nas diferentes áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, B. **Análise Comparativa de Processos de Eutrofização da Água em Reservatórios do estado do Ceará e sua Relação com as Características Morfológicas, Hidrológicas e Climáticas.** Fortaleza, 2001. 174 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.
2. CETESB - Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo - **Proposta de Índices de Qualidade de Água para o Estado de São Paulo.** Coletânea de Textos da Cetesb. 2002.
3. COGERH - Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acessado em: 5jan2013.
4. CODD, G.A.; AZEVEDO, S.M.F.O.; BAGCHI S.N., BURCH, M.D., CARMICHAEL W.W., HARDING, W.R., KAYA, K., UTKILEN, H.C. **CYANONET - A Global Network for Cyanobacterial Bloom and Toxin Risk Management Initial Situation Assessment and Recommendations.** International Hydrological Programme. IHP-VI Technical Documents in Hydrology N° 76 UNESCO, Paris, 2005.
5. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - (2005). **Classificação dos corpos d'água.** DOU, Brasília - DF.
6. DAVIS, J. R. & KOOP, K. **Eutrophication in Australian rivers, reservoirs and estuaries - a southern hemisphere perspective on the science and its implications.** Hydrobiologia. p. 23-76. 2006.
7. ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** 3. ed. Inerciência/FINEP, Rio de Janeiro - RJ. 1998.
8. EPA - Environmental Protection Agency - **Technical Guidance Manual for Performing Wasteload Allocations.** Book II: Streams and Rivers - N° EPA-823-B-97-002. March 1997.
9. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2° ed., 306p., 2006
10. FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - (2011). PCD - Plataforma de Coleta de Dados. Disponível em: <<http://www.funcceme.br/index.php/areas/rede-de-monitoramento/plataforma-de-coleta-de-dados>>. Acessado em: 5jan2013.
11. GARCIA, H. L., SILVA, V. L., MARQUES, L. P., GARCIA, C. A. B., ALVES, J. P. H., SILVA, M. G., CARVALHO, F. O. Nível trófico do reservatório de Jacarecica I - Sergipe - Brasil. **SCIENTIA PLENA.** V. 8, n. 7. 2012
12. HESPANHOL, I. **Influência do Represamento na Qualidade da Água.** Ver. DAE. São Paulo. p. 41-48. 1978.
13. HULOT, F. D.; CARMIGNAC, D.; LEGENDRE, S.; YÉPRÉMIAN, C.; BERNARD, C. **Effects of microcystin-producing and microcystin-free strains of Planktothrix agardhii on long-term population dynamics of Daphnia magna.** Ann. Limnol.-Int.J. Lim. V. 48, p. 337-347. 2012.
14. IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - Disponível em: [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/PBM\\_2006/Pentecoste.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/PBM_2006/Pentecoste.pdf). Acessado: 23fev2013.
15. MONTAGNOLLI, W.; DORNFELD, C.B.; JUNIOR, M.D.; LUVIZOTTO-SANTOS, R. **"Poluição ambiental associada à aquicultura."**, in *Bacia hidrográfica:diversas abordagens em pesquisa.* Org. Por Espíndola, E.L.G.; Schalch, V., ed. RiMa, São Carlos - SP, 412 p., 2004.
16. OLIVEIRA, M. C. B.; OLIVEIRA, M. C.; YUNES, J. S. Cianobactérias tóxicas. O uso de marcadores moleculares para avaliar a diversidade genética. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** - n° 23 - novembro/dezembro, 2001.
17. PEREIRA, R, S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de recursos hídricos.** IPH-UFRGS. V. 1, n 1. P.20-36.
18. PINTO, R. C. A. **Percepção Percepção de Impactos Ambientais: O Caso da Lagoa do Fundão no Município de Formiga** - Minas Gerais. Belo Horizonte. 45 p. 2012. (monografia) - Universidade Federal de Minas Gerais.
19. RIBEIRO, I. V. A. S. **Estudo do Estado Trófico do Reservatório Acarape do Meio Mediante a Determinação de Indicadores de Qualidade de Água.** Fortaleza, 2007. 198 p.

Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Universidade Federal do Ceará.

20. SANTIAGO, V. M. J., COELHO, E. B. A. P., ZANETTE, C. L., ALMEIDA, J. H. C. Nitrificação em Biodisco. ABES (2007) - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Disponível em: <http://www.verlag.com.br/arquivos/links/16.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2013.

21. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará - (2011). Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos e Meteorológicos do Ceará. Disponível em: <<http://atlas.srh.ce.gov.br/obras/index.asp>>. Acessado em: 26jan2013.

22. TOLEDO, A.P.; AGUDO, E.G; TOLARICO,M.; CHINEZ, S.J. (1984). “Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação do Processo de Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais” in **Anais do XIX Congresso**

**Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental** – AIDIS, Santiago do Chile, 1984.

23. UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais - **Estudo técnico-científico visando a delimitação de parques aquícolas nos lagos das usinas hidroelétricas de Furnas e Três Marias** – MG. Programa: Gestão tecnológica em recursos hídricos. 2005.

24. VERCELLINO, I. S. & BICUDO, D. C. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): Comparação entre período seco e chuvoso. **Revista Brasil. Bot.**, V.29, n.3, p.363-377,jul-set.2006

25. VIEIRA, M. R. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofica ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. Disponível em: [http://www.agsolve.com.br/news\\_upload/file/Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Agua.pdf](http://www.agsolve.com.br/news_upload/file/Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Agua.pdf). Acesso em: 27abr2013

*Manuscrito recebido em: 14 de março de 2013*

*Revisado e Aceito em: 16 de maio de 2013*