

**IV-022 - QUALIDADE DA ÁGUA DA BARRAGEM DE ACAUÃ/PB****Patrícia Campos de Arruda⁽¹⁾**

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal da Paraíba.

Ruceline Paiva Lins

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal da Paraíba. Doutoranda do Programa de Pós – Graduação em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande.

Suzana Marinho Souto Lima

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal da Paraíba. Doutoranda do Programa de Pós – Graduação em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande.

Beatriz Susana Ovruski de Ceballos

Bioquímica pela Universidade Nacional de Tucumán. Mestre em Microbiologia e Imunologia pela UFSP/EPM. Doutora em Ciências Biológicas (Microbiologia) pela USP. Atualmente é professora titular do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba.

José Etham de Lucena Barbosa

Biólogo pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Criptógamos pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutor em Ecologia de Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é professor titular do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua Arrojado Lisboa, 250 - Bairro da Prata – Campina Grande – PB – CEP: 58400-610 – Brasil – Tel: (83) 9141 – 7189 – e-mail: patty camposbio@yahoo.com.br.

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados das características físicas, químicas e biológicas de um reservatório eutrofizado (Açude de Acauã –Paraíba) destinado ao consumo humano entre outros fins. Foram realizadas coletas nos meses de agosto, outubro e dezembro de 2007 e em janeiro de 2008, em dois pontos do reservatório (confluência dos rios tributários - PC e próximo da barragem - PB) e em três profundidades, determinadas de acordo com o coeficiente de extinção da luz (100%, 50% e 0%). As variáveis analisadas foram: transparência, temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, fósforo total, ortofosfato solúvel, amônia e clorofila *a*. O período amostrado se caracterizou como seco, com altos valores de temperatura (~28,5°C), transparência média em torno de 0,58m em PC e PB, águas alcalinas e valores de CE elevados ($\bar{X} = 1.202\mu\text{Si}/\text{cm}^{-1}$ em PC e $\bar{X} = 1.199\mu\text{Si}/\text{cm}^{-1}$ em PB), condizentes com as características geológicas regionais. O oxigênio dissolvido apresentou valores de supersaturação nas camadas mais iluminadas nos dois pontos e menores concentrações com o aumento da profundidade (perfil clinográfico). Oxigênio e temperatura influenciaram significativamente nos valores de pH das águas do reservatório. Os valores de P – Total, PO_4^{3-} N- NH_4 , N – NO_2 e Cl *a* foram altos caracterizando um ambiente bastante produtivo (máx = 58,43 $\mu\text{g}/\text{L}$ em PC e máx = 46,96 $\mu\text{g}/\text{L}$ em PB, para clorofila *a*) e impactado, com as maiores concentrações de nutrientes nas camadas mais profundas. Os maiores valores dos compostos nitrogenados ($\bar{X} = 54,31$ em PC e 29,76 em PB – para amônia e $\bar{X} = 4,67$ em PC e $\bar{X} = 3,23$ em PB – para nitrito) ocorreram na confluência dos afluentes e na zona de barragem para fósforo ($\bar{X} = 130,86$ – PC e 208,95 – PB). Os altos valores de nutrientes evidenciam a influencia das atividades antrópicas na bacia e seu efeito na qualidade da água, prejudicando a vida útil do ecossistema e a manutenção das condições bióticas naturais. O efeito da hipereutrofização se evidencia nas constantes florações de fitoplâncton que afeta a potabilização da água, que abastece diversos municípios paraibanos.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da Água, Eutrofização, Açudes do Nordeste.

INTRODUÇÃO

A preocupação em escala mundial com relação à escassez, deterioração e uso irracional da água doce torna-se cada vez maior. Atualmente os recursos hídricos disponíveis para o abastecimento humano, além de escassos, estão poluídos. A baixa qualidade das águas superficiais em muitas regiões do mundo revela o descaso com



que foram tratadas as descargas oriundas de atividades domésticas, agrícolas e industriais, assim como a má utilização e o planejamento inadequado de diversos cursos d'água.

No Brasil, especialmente em regiões semi-áridas, os reservatórios artificiais desempenham importantes funções ecológicas, econômicas e sociais, entretanto a maioria deles apresenta – se em elevado estágio de eutrofização o que reduz as possibilidades dos usos, causando também um considerável aumento nos custos dos tratamentos de água principalmente para fins de abastecimento público.

Em função dos elevados níveis de degradação hídrica e visando contribuir com a gestão dos recursos hídricos, o monitoramento sistemático da qualidade da água desses reservatórios impactados é de extrema importância, sendo as análises de parâmetros físicos, químicos e biológicos, consideradas ótimas ferramentas na avaliação tanto a nível temporal quanto espacial.

Assim, presente estudo teve como objetivo analisar o monitoramento espaço - temporal da qualidade da água de um reservatório eutrofizado do estado da Paraíba, destinado a múltiplos usos, considerando a dinâmica dos condicionantes limnológicos em duas estações de coleta: na confluência dos rios tributários e na proximidade da barragem, buscando avaliar a distribuição da pluma poluidora sob os efeitos antropogênicos do uso e ocupação de sua bacia de drenagem e das atividades de piscicultura intensiva desenvolvidas nesse ecossistema.

ÁREA DE ESTUDO

O reservatório de Acauã localiza – se no Estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil. Formado pelo barramento dos rios Paraíba e Paraíbaí, este reservatório está situado na porção média da bacia do rio Paraíba, a maior do estado e inicial da seção denominada de baixo Paraíba ($7^{\circ}27,5'3''S$ e $7^{\circ}28'31,4''S$ e as longitudes $35^{\circ}35'52,6''W$ e $35^{\circ}35'3,4''W$) (Fig. 1). É o último barramento, nesta bacia, de uma série de açudes em cascata de médio e grande porte. Sua bacia hidráulica tem uma área de 2.300ha e $253.142.247m^3$ de capacidade de acumulação, com 58m de profundidade máxima e 25m de profundidade média (AESA, 2007).

Como muitos dos reservatórios brasileiros destinados a abastecimento público, Acauã também apresenta problemas de cunho ambiental. Sua localização a jusante de uma região de aproximadamente 600 mil habitantes acarreta no recebimento dos efluentes domésticos, agrícolas e industriais oriundos de toda bacia do médio Paraíba, o que tem comprometido a qualidade de suas águas e desenvolvido um acelerado processo de eutrofização nesse reservatório.

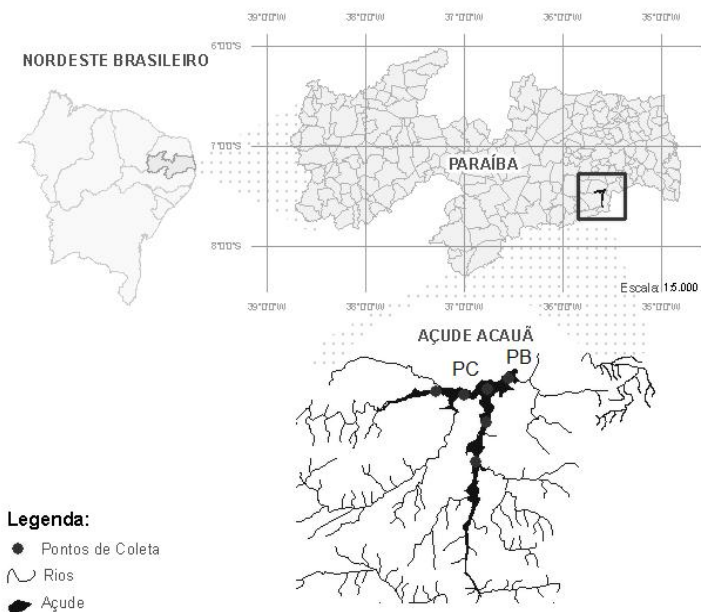


Figura 1: Mapa de localização das estações de coleta no reservatório de Acauã e sua inserção na geografia regional.



MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas foram realizadas nos meses de agosto, outubro e dezembro de 2007 e em janeiro de 2008, em duas estações de coletas previamente definidas, estando uma situada na zona de confluência dos rios afluentes (PC) e outra na zona da barragem (PB). Com o auxílio de um amostrador tipo “Van Dorn” e levando em consideração o coeficiente de extinção de luz foram coletadas amostras de água na superfície (100%), a 50% de penetração de luz e na profundidade máxima 0%. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos estudados foram: transparência (disco de Secchi), temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (Winkler, descrito em Golterman *et al*, 1978), fósforo total, ortofosfato solúvel, amônia, nitrito e clorofila *a*, representando a biomassa algal.

As metodologias para medição destes nutrientes seguiram APHA (1998), e a clorofila *a* foi determinada segundo Lorenze (1967), *apud* Jeffrey *et al* (1997). Todas as amostras foram preservadas em caixas isotérmicas com gelo, a menos de 10°C, até seu processamento. As informações hidrometeorológicas foram obtidas junto à AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba/SECTMA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de amostragem (agosto/07 a janeiro/08) correspondeu à época seca da região (Fig.1). Algumas chuvas ao longo dos meses de julho a setembro/2007 não contribuíram para o aumento do volume do reservatório, o qual foi diminuindo gradualmente. As temperaturas elevadas ligadas as altas taxas de evaporação, além da abertura permanente das comportas para perenizar rio Paraíba à jusante, influenciaram no decréscimo do volume do reservatório.

Os valores de transparência apresentaram – se relativamente baixos (\bar{X} = 1,52; CV= 15,13%), com zona fótica pouco extensa e coeficiente de atenuação vertical da luz reduzido (entre 0,80m e 1,19m) (Fig. 2), sendo os maiores valores registrados em outubro/07 nos dois pontos e os menores em agosto/07 em PC e em dez/07 em PB. Essas diferenças mensais foram de baixa significância ($p > 0,8175$ e $f = 1.438$). Os maiores valores no mês de outubro podem estar associados à menor precipitação, contribuindo para o leve aumento da transparência, da água em função da redução do escoamento de matéria orgânica alóctone no ambiente.

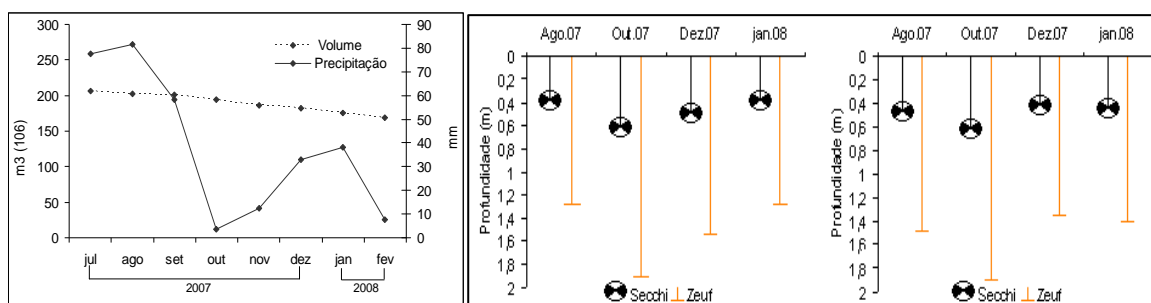


Figura 2: Variação mensal da precipitação pluviométrica, do volume de água (A) e da transparência do disco de Secchi (B) do reservatório de Acauã – PB, durante o período de agosto de 2007 a Janeiro de 2008

A temperatura da água foi elevada durante todo o período em estudo (\bar{X} = 28,43°C em PC e \bar{X} = 28,16°C em PB) com amplitude temporal (CV = 2,61%) superior à espacial (CV = 2,39%). O perfil vertical foi do tipo ortogrado, com período mínimo de circulação (isotermia) em agosto de 2007 e microstratificações térmicas nos demais meses nos dois pontos de coleta. Os maiores valores foram registrados em PC e as maiores variabilidades em PB (Fig. 3). A temperatura está diretamente relacionada com o desenvolvimento dos organismos, com as reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e também com outros processos, como a solubilidade dos gases dissolvidos.

O oxigênio dissolvido (Fig. 4) teve valores de supersaturação tanto na confluência dos rios (18,32mg/L), quanto na zona de barragem (17,72mg/L), ambos nos mês de outubro de 2007 a 100% e 50% de luz, fato associado à produção fotossintética, sendo as variações temporais superiores às espaciais (CV = 64,55% e CV = 45,23%, respectivamente). A redução da concentração de oxigênio dissolvido no hipolímnio (perfil clinogrado) ocorreu como resultado da ausência da fotossíntese pela falta de luz na profundidade e pelo

intenso processo de decomposição da matéria orgânica na interfase sedimento-água. Os altos valores na zona fótica se relacionaram com a produtividade do fitoplâncton.

O pH (Fig.5) foi básico ($\bar{X} = 8,53$ e $CV = 7,8\%$ - PC; $\bar{X} = 8,49$ e $CV = 7,0\%$), típico de ambientes eutrofizados com alta produtividade fotossintética, sendo influenciado ao longo do tempo pelo volume do reservatório ($r = -0,43$). Alterações ocorridas em função da estrutura térmica e do oxigênio também influenciaram nos altos valores de pH, principalmente nos meses de menor volume de água. No perfil vertical observou-se sutis reduções com o aumento da profundidade. Temporalmente os maiores valores de pH ocorreram em dez/2007 em PC ($\bar{X} = 9,09$) e em jan/2008 em PB ($\bar{X} = 9,08$), meses em que os valores de clorofila *a* apresentaram as maiores concentrações e o reservatório apresentou o menor volume de acumulação de água de todo o período estudado. As alterações ocorridas em função da estrutura térmica na coluna de água influenciaram consideravelmente nos altos valores do oxigênio dissolvido e de pH, fato associado ao processo fotossintético.

Os valores de condutividade elétrica (Fig. 6) foram altos ($\bar{X} = 1.202\mu\text{Si}/\text{cm}^{-1}$ em PC e $\bar{X} = 1.199\mu\text{Si}/\text{cm}^{-1}$ em PB), com diferenças significativas entre os meses e padrão espacial vertical e horizontal homogêneo, sendo observado microestratificações em dezembro de 2007 no ponto próximo a barragem. Os maiores valores foram registrados em outubro/07 ($\bar{X} = 1.255\mu\text{Si}/\text{cm}^{-1}$ - PC; $\bar{X} = 1.265\mu\text{Si}/\text{cm}^{-1}$ - PB) e janeiro/08 ($\bar{X} = 1.262\mu\text{Si}/\text{cm}^{-1}$ - PC; $\bar{X} = 1.267\mu\text{Si}/\text{cm}^{-1}$ - PB) e a maior variabilidade foi observada no ponto de barragem. Tanto nas camadas superficiais como nas zonas mais profundas, os valores de condutividade elétrica foram elevados, indicando os atributos de salinidade dessas águas, condizentes com as características geológicas regionais. Os maiores valores refletem também a acumulação de íons, provavelmente pela intensa mineralização de compostos orgânicos neste ambiente.

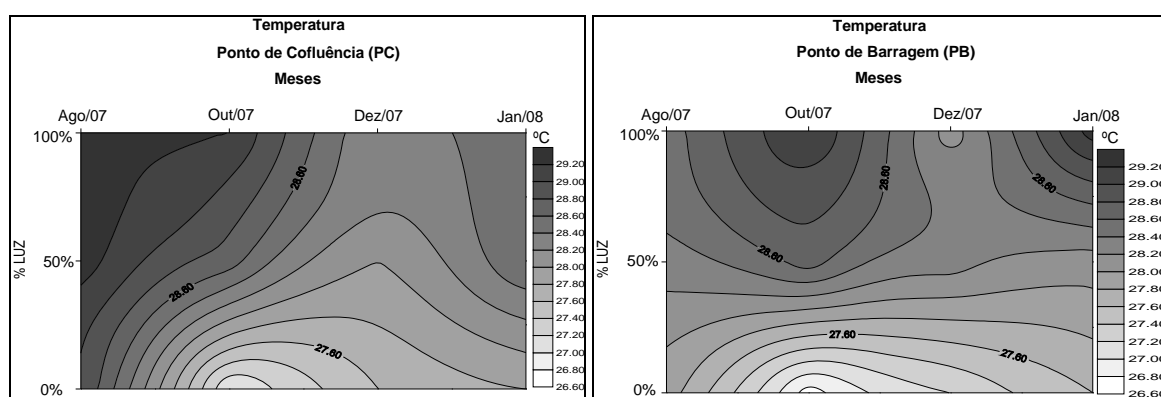


Figura 3: Perfil vertical da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) da água do reservatório de Acauã-PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

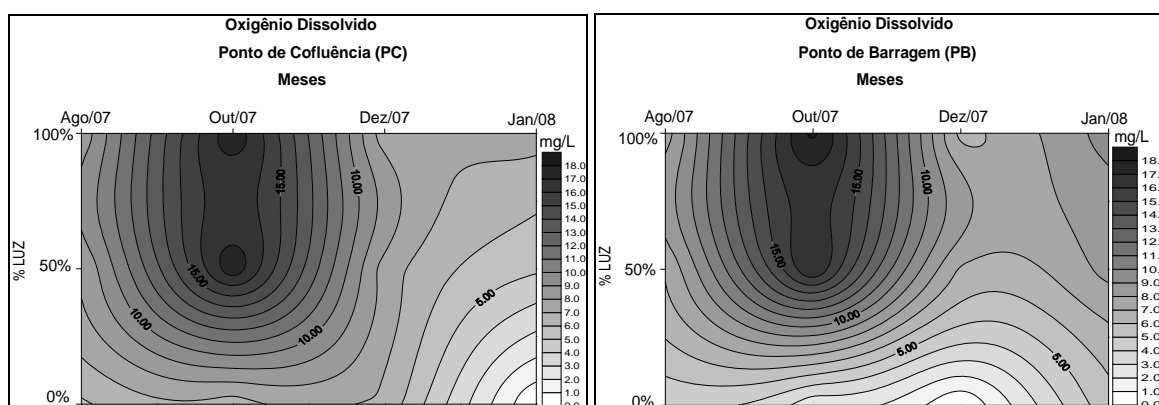


Figura 4: Perfil vertical do oxigênio dissolvido (mg/L) da água do reservatório de Acauã - PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

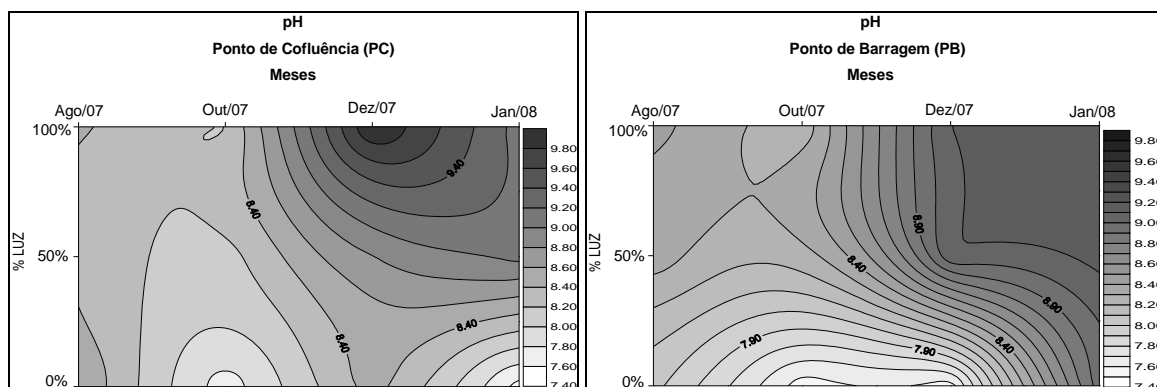


Figura 5: Perfil vertical do pH da água do reservatório de Acauã - PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

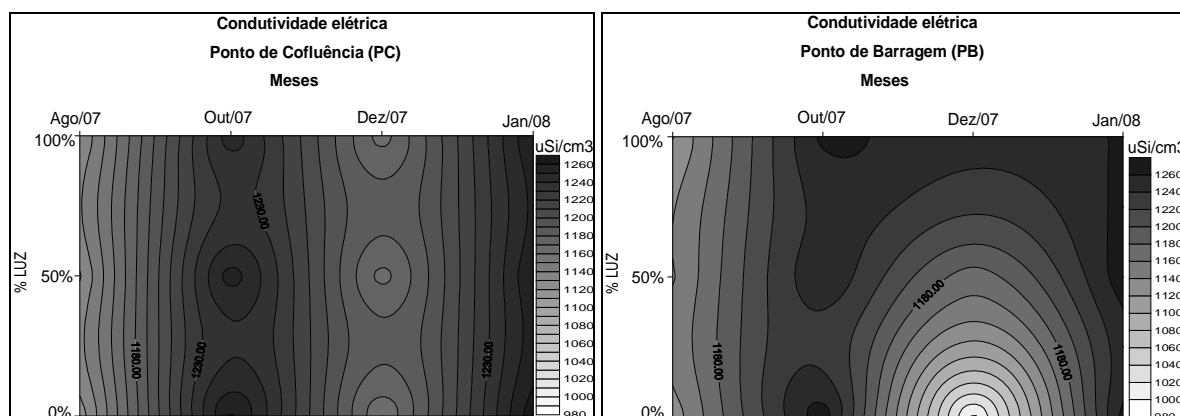


Figura 6: Perfil vertical da condutividade elétrica ($\mu\text{Si}/\text{cm}^3$) da água do reservatório de Acauã - PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

O íon amônio (Fig. 7) apresentou valores que estiveram abaixo do nível de detecção do método adotado até valores máximos de $532,83 \mu\text{g}/\text{L}$, registrados em jan/2008 a 0% de penetração de luz. Apesar dos altos valores do coeficiente de variação ($\text{CV} = 278,52\%$ - PC e $\text{CV} = 136,05\%$ - PB), houve diferenças pouco significativas tanto temporal quanto espacialmente. Verticalmente, os maiores valores ocorreram nas camadas mais profundas, exceção feita ao mês de agosto de 2007 que apresentou a 50% de luz um valor de $\text{N} - \text{NH}_4$ igual a $38,4 \mu\text{g}/\text{L}$. O ponto de confluência apresentou os maiores valores e as maiores variabilidades. Esse íon acompanhou o comportamento da clorofila *a* ($r = 0,47$; $p < 0,05$), fósforo total ($r = 0,44$; $p < 0,05$) e ortofosfato solúvel ($r = 0,55$; $p < 0,05$). As menores concentrações podem estar associadas aos altos valores de pH e temperatura que favorecem sua transformação para NH_3 e sua volatilização. A taxa de perda de amônia para a atmosfera depende do pH, temperatura e condições de mistura no sistema.

O nitrito (Fig. 8) apresentou os maiores valores em agosto e outubro/2007, sendo maiores em PC ($\bar{x} = 4,67 \mu\text{g}/\text{L}$). Tanto no perfil vertical quanto temporal, as diferenças foram pouco significativas. Houve correlação positiva com o volume do reservatório ($r = 0,54$; $p < 0,05$). Para os compostos nitrogenados, as altas concentrações de amônia e nitrito a 0% de luz, associa-se às altas taxas de decomposição anaeróbia na profundidade que favoreceram a desnitrificação.

A distribuição temporal do fósforo total (Fig. 9) evidenciou maiores concentrações em janeiro de 2008, no ponto de confluência ($\text{máx} = 392,33 \mu\text{g}/\text{L}$) e em outubro de 2007, no ponto de barragem ($\text{máx} = 595,67 \mu\text{g}/\text{L}$), ambos a 0% de luz. Os menores valores foram observados em dezembro de 2007, nos dois pontos amostrados (PC = $45,67 \mu\text{g}/\text{L}$ - 100% de luz e PB = $69,00 \mu\text{g}/\text{L}$ - 50% de luz). Assim como o P - Total, o ortofosfato solúvel (Fig. 10) apresentou as maiores concentrações em janeiro de 2008, sempre a 0% de luz (PC = $178,9 \mu\text{g}/\text{L}$; PB = $253,1 \mu\text{g}/\text{L}$). Os menos valores ocorreram em outubro/07 e janeiro/08 a 100% de luz em PC ($\text{min.} = 10,29 \mu\text{g}/\text{L}$) e em janeiro/08 a 50% em PB ($\text{min.} = 10,29 \mu\text{g}/\text{L}$). As concentrações desses nutrientes nas camadas mais profundas é devido à sedimentação de partículas, entre elas algas e do fósforo particulado que representa cerca de 70% do fósforo total. Tanto para P-Total como para ortofosfato solúvel os valores

foram elevados, caracterizando um ambiente bastante produtivo. As menores concentrações evidenciadas nas camadas mais iluminadas ocorreu em função do processo de assimilação pelo fitoplâncton. Em Acauã, as entradas de nutrientes por escoamento superficial e as descargas de águas residuárias contribuem com o aumento das concentrações de espécies químicas no sedimento, o qual se constitui numa fonte contínua de nutrientes que influenciam a qualidade da água superficial.

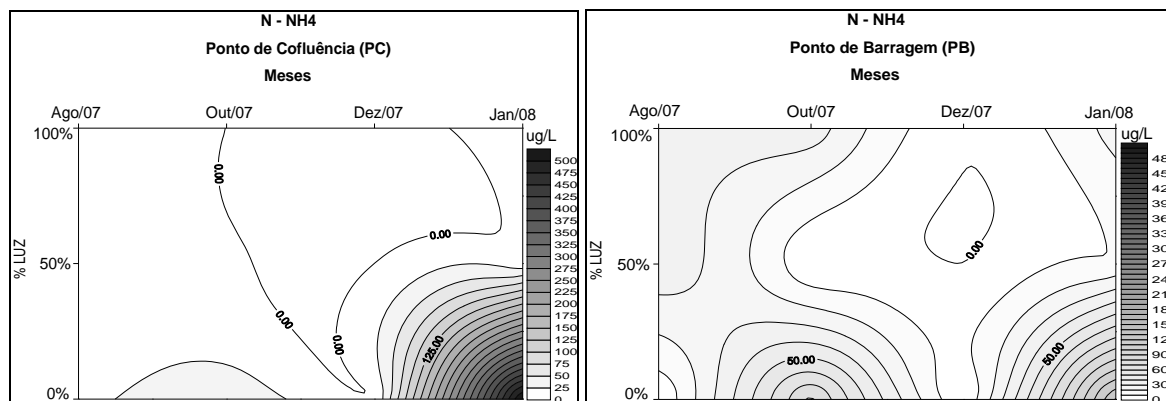


Figura 7: Perfil vertical do N – NH₄ (µg/L) da água do reservatório de Acauã - PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

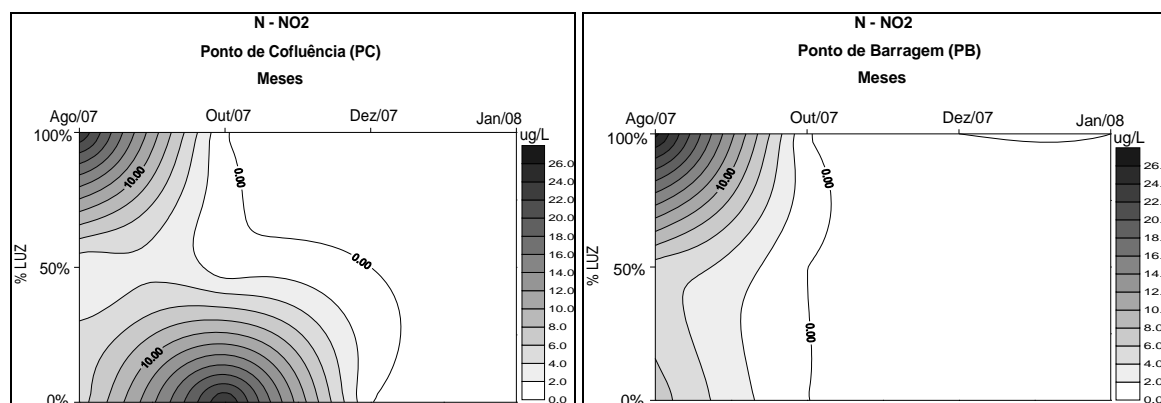


Figura 8: Perfil vertical do N – NO₂ (µg/L) da água do reservatório de Acauã - PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

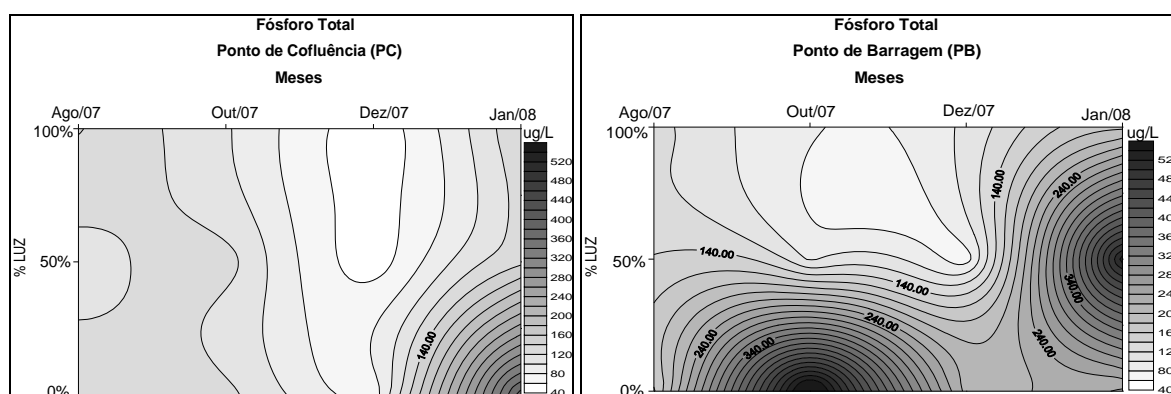


Figura 9: Perfil vertical do fósforo total (µg/L) da água do reservatório de Acauã - PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

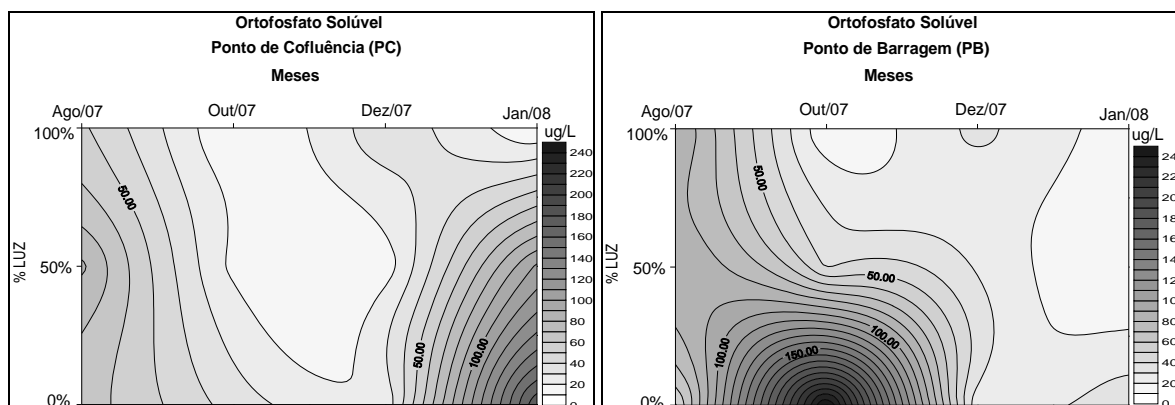


Figura 10: Perfil vertical do ortofosfato solúvel ($\mu\text{g/L}$) da água do reservatório de Acauá - PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

A biomassa (Fig. 11) apresentou os maiores valores registrados em janeiro de 2008 (máx = $58,43\mu\text{g/L}$ – PC e máx = $46,96\mu\text{g/L}$ – PB, ambos a 0% de luz) e os menores valores em agosto/07 no ponto de confluência (min = $4,91\mu\text{g/L}$) e em dezembro/07 no ponto de barragem (min = $2,73\mu\text{g/L}$). Esses altos valores tanto em PC quanto em PB coincide com altas concentrações de ortofosfato solúvel e fósforo total evidenciadas nesse reservatório. As altas concentrações de clorofila *a* registradas nas camadas mais profundas podem estar associados com a turbulência das águas dos rios e com os tipos de gêneros do fitoplâncton comumente encontrados neste ecossistema. Uma avaliação preliminar da comunidade fitoplanctônica desse reservatório mostrou que durante os meses amostrados houve predominância de *Planktothrix*, gênero formado por algumas espécies de cianobactérias mixotróficas capazes de produzir microcistinas que quando ingeridas podem causar intoxicações agudas e crônicas e provocar a morte de animais em horas ou dias. Os altos valores de biomassa são típicos de ambientes eutrofizados.

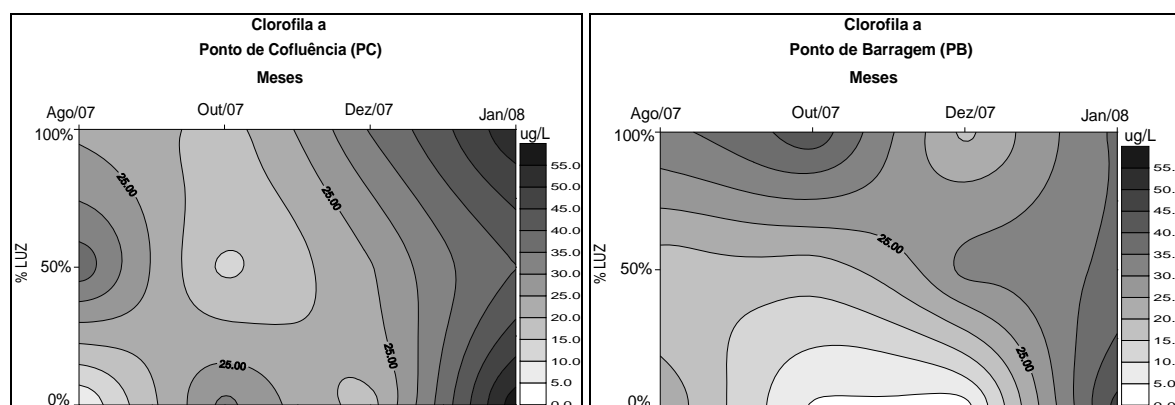


Figura 11: Perfil vertical da clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) da água do reservatório de Acauá - PB nos pontos PC e PB durante o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008.

CONCLUSÃO

De maneira geral, os altos níveis de nutrientes evidenciados principalmente no ponto de confluência dos rios tributários mostram a influência das atividades antrópicas da bacia de drenagem, sobre a qualidade da água do reservatório de Acauá. A acumulação de nutrientes no fundo desse reservatório, com destaque para formas de fósforo, refletem o forte impacto poluidor e evidenciam que medidas de manejo para melhorar sua qualidade devem incluir o tratamento ou retirada do sedimento. Os altos valores de clorofila *a* e o aparecimento de sabor e odor podem comprometer o tratamento da água. Embora esteja altamente eutrofizado, ainda é permitida a piscicultura intensiva nesse ecossistema, o que caracteriza uma ausência de gestão integrada e conflitos de usos.

Os resultados do presente trabalho são importantes para a gestão deste açude e de sua bacia hidrográfica, considerando que sua principal função é o abastecimento humano.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. Disponível em <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em 10 de maio de 2007.
2. APHA. (1998) Standard Methods for Examination of Waste and Wastewater-American Public Health Association, New York.
3. GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A.M. (1978) Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. IBP HANBOOK, ed. Melbourne, Oxford London, n.8, 215pp.
4. JEFFREY S.W., MANTONA R.F.C., WRIGHT S.W. (1997) Espectrophotometric and fluorometric equations in common use in oceanography". Unesco Publishing Paris.