

Balanço de nutrientes da água do açude Pentecoste (Pentecoste, Ceará, Brasil) no período de março a dezembro de 2002¹

Nutrient balances of Pentecoste reservoir's water (Pentecoste, Ceará, Brazil) from March to December 2002

Alda Lúcia de Lima Amancio², Wladimir Ronald Lobo Farias³ e Alexandre Rodrigues da Silva Neto⁴

RESUMO

O açude Pentecoste fica localizado no município de Pentecoste, Estado do Ceará, possuindo uma área inundável de aproximadamente 5.486 ha, profundidade média de 7,2 m e capacidade para armazenar 395.638.000 m³. O objetivo deste trabalho foi avaliar os níveis de nutrientes do açude Pentecoste. Amostras de água foram coletadas, em quatro estações, na superfície e a 2 m de profundidade, mensalmente, no período de março a dezembro de 2002. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de correlação de Pearson, com nível de significância de 1 e 5%. As concentrações de nutrientes ficaram dentro dos valores tolerados pelos organismos aquáticos. As concentrações de amônia total variaram de 0,0122 a 1,12 mg.L⁻¹, as concentrações de nitritos de 0,0066 a 0,0726 mg.L⁻¹, os nitratos de 0,00 a 2,64 mg.L⁻¹ e os fosfatos de 0,00 a 0,61 mg.L⁻¹. A estação E1 apresentou a mais alta concentração de nutrientes. As análises de correlação mostraram que as estações localizadas nas desembocaduras dos rios foram fortemente afetadas pela precipitação e, o aumento do volume de água resultou em um decréscimo na concentração de nutrientes. Os valores de demanda química de oxigênio observados nas estações E3 e E4 apresentaram correlação positiva com as concentrações de amônia total, nitritos, nitratos e fosfatos. A análise dos dados também mostrou que a matéria orgânica é uma fonte potencial de nitrogênio e fósforo para este ambiente aquático.

Termos para indexação: ambiente aquático, reservatório, tributários.

ABSTRACT

The Pentecoste reservoir is located in Pentecoste, at Ceará State, Brazil. It has a subject to flooding area of about 5,486 ha with 7.2 m average deep and capacity to store 395,638,000 m³ water. The aim of this work was to evaluate the nutrient levels of the Pentecoste reservoir. Water samples were collected in four stations at the surface and 2 m deep, every month from March to December 2002. The obtained data were submitted to a Pearson's correlation analysis with 1 and 5% significance level. Nutrient concentrations kept inside of the tolerated level for aquatic organisms. Total ammonia concentrations varied from 0.0122 to 1.12 mg.L⁻¹, nitrites concentrations from 0.0066 to 0.0726 mg.L⁻¹, nitrates from 0.00 to 2.64 mg.L⁻¹, and phosphates from 0.00 to 0.61 mg.L⁻¹. E1 station presented the highest nutrient concentrations. Correlation analysis showed that river mouth stations were strongly affected by precipitation and an increase in water volume resulted in a decrease of nutrient concentrations. Chemical oxygen demand values observed at E3 and E4 stations presented positive correlation with total ammonia, nitrites, nitrates and phosphates concentrations. Data analyses also showed that organic matter was a potential source of nitrogen and phosphates for this aquatic environment.

Index terms: Aquatic environment, reservoir, tributary.

¹ Recebido para publicação em: 16/01/2004.

Aprovado em: 14/09/2004.

Parte da dissertação de Mestrado, da primeira autora, apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia de Pesca da UFC, com concessão de bolsa pela Funcap e apoio logístico do DNOCS.

² Zootecnista, M.Sc., Fortaleza, CE. E-mail: aldafish@yahoo.com

³ Eng. de Pesca, D.Sc., Professor do Departamento de Engenharia de Pesca da UFC. E-mail: wladimir@ufc.br

⁴ Biólogo, Pesquisador do Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho Von Ilhering – DNOCS, Pentecoste/CE. Fone: (0xx85) 352-1235.

Introdução

A região semi-árida do Nordeste, também conhecida por Polígono das Secas, abrange os Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (Cruz et al., 1999) e apresenta como principal característica hidrográfica a intermitência de quase todos os seus rios que deságuam diretamente no Oceano Atlântico. Esses rios estão sendo barrados com a finalidade de acumulação d'água durante a estação chuvosa para aproveitamento na irrigação, pesca, aqüicultura, agricultura de vazante, pecuária e abastecimento público (Gurgel, 2001).

O açude Pentecoste fica localizado nas proximidades da cidade de Pentecoste/CE, possui uma área inundável com cerca de 5.486 ha, capacidade para armazenar 395.638.000 m³ (Araújo, 1990; Guerra, 1990) e profundidade média de 7,2 m (Gurgel e Fernando, 1999). Sua bacia hidrográfica cobre uma área de 2.840 Km² (Araújo, 1990).

A água dos açudes está, quantitativa e qualitativamente, condicionada a fatores hidrometeorológicos, hidrológicos e hidrogeológicos, que influenciam diretamente sua produtividade pesqueira, fazendo-se necessário caracterizá-la sob o ponto de vista limnológico, para uma melhor exploração pela pesca (Gurgel, 2001).

Ainda com relação à qualidade das águas, têm-se observado drásticas modificações nas características dos ecossistemas aquáticos continentais, em virtude do desenvolvimento urbano e industrial (Esteves, 1998).

O aumento da concentração de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, principalmente nitrogênio e fósforo originados de atividades humanas, é chamado de eutrofização artificial (Ramachandra e Ahalya, 2002). Este tipo de eutrofização é um processo dinâmico, no qual ocorrem profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do sistema, podendo ser considerada uma forma de poluição (Esteves, 1998). O objetivo do presente trabalho foi avaliar os níveis dos nutrientes do açude Pentecoste.

Material e Métodos

As análises dos nutrientes foram realizadas, mensalmente, em amostras coletadas na superfície e a 2 m de profundidade, durante o período de março a dezembro de 2002. As amostras foram

coletadas em quatro estações (Figura 1), sendo a primeira (E1) localizada nas proximidades de algumas residências situadas à margem do açude, a segunda (E2) próxima à barragem e as demais ficaram nas desembocaduras dos rios Canindé (E3) e Capitão Mor (E4).

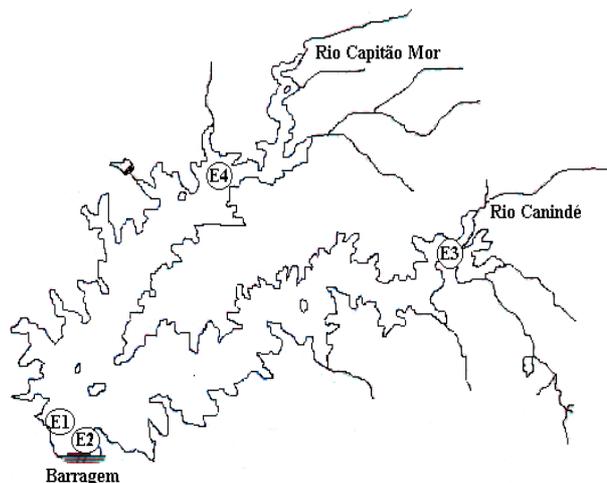


Figura 1 - Localização das estações de coleta no açude Pentecoste.

Os teores de amônia total em NH₄, nitritos em NO₂, nitratos em NO₃ e fosfatos em PO₄ foram avaliados por espectrofotometria, utilizando os métodos descritos no protocolo de utilização do espectrofotômetro DR 2000, fabricado pela *Hach Company*.

Os dados referentes ao volume d'água do açude Pentecoste foram obtidos na Estação Meteorológica do Açude Público, a qual é gerenciada pelo DNOCS e localizada na cidade de Pentecoste/CE.

Além dos teores de nutrientes foram obtidos também os seguintes parâmetros físico-químicos:

a) Temperatura da água (°C), condutividade elétrica (mS.cm⁻¹), oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) e salinidade (‰) - estes parâmetros foram obtidos no próprio local por meio de leitura direta, com auxílio de uma sonda eletrônica, modelo YSI Yellow Spring, Ohio 45387 USA;

b) Transparência (d_s-cm) - determinada com auxílio de um disco de Secchi (d_s);

c) pH - determinado com um medidor de pH digital portátil, por meio de leitura direta no próprio local;

d) Bicarbonatos em CaCO₃ (mg.L⁻¹) - analisado em laboratório, pelo método de titulação com

ácido sulfúrico a 0,02 N, usando como indicadores a fenolftaleína e o alaranjado de metila;

e) Demanda química de oxigênio (mg.L⁻¹) - analisada em laboratório, utilizando a metodologia descrita pela American Public Health Association (1975);

f) Dióxido de carbono livre (mg.L⁻¹) - analisado em laboratório, pelo método de titulação com carbonato de sódio a 0,045 N e utilizando como indicador a fenolftaleína;

Os dados de monitoramento foram submetidos à análise de correlação de Pearson, com níveis de significância de 1 e 5%.

Resultados e Discussão

a) Amônia total (NH₄)

As concentrações de amônia total apresentaram-se um pouco mais elevadas nas estações E3 e E4 no período de março a maio, quando comparadas com as obtidas para as estações E1 e E2 (Tabela 1). Os teores de amônia mais elevados nestas estações, localizadas nas desembocaduras dos rios, certamente deveram-se à decomposição da matéria orgânica, já que nesse período também foram verificados os mais altos valores de demanda química de oxigênio (DQO) e, nas margens do açude, havia uma grande quantidade de gramíneas que foram cobertas pelas águas após a elevação do nível da água.

Os teores mais baixos de amônia ocorreram no período de junho a setembro, em ambas profundidades avaliadas e em todas as estações, coincidindo também com os valores mais baixos de DQO. Em algumas análises limnológicas, as concentrações de amônia apresentaram-se mais elevadas na superfície ou na profundidade de 2 m, no entanto, na maior parte do período de amostragem estes valores foram muito semelhantes.

O teor mínimo de amônia total (0,0122 mg.L⁻¹) foi obtido em maio a 2 m de profundidade na estação E2, enquanto que o máximo (1,12 mg.L⁻¹) foi obtido em abril na superfície da estação E4 (Tabela 1). Estes valores demonstram que as concentrações de amônia mantiveram-se dentro do nível tolerado pelos peixes que, segundo Sipaúba-Tavares (1994), é de 0,6 a 2,0 mg.L⁻¹.

As concentrações de amônia diminuíram com a elevação do volume d'água do açude nas estações E3 e E4 (Tabela 5), em decorrência da maior diluição dos compostos nitrogenados pela coluna d'água e pela oxidação, favorecendo o processo de nitrificação. Fato semelhante foi verificado por Pessoa (2002) no estuário do Rio Cocó/CE e por Ceballos et al. (1998) em alguns açudes do semi-árido paraibano.

Observou-se, ainda, que no mês de abril, apesar da elevação do nível de água, as concentrações de amônia (estações E3 e E4) apresentaram-se mais elevadas do que no mês anterior (Tabela 1). Estes teores de amônia possivelmente originaram-se pela

Tabela 1 - Concentrações de amônia total em NH₄ (mg.L⁻¹) obtidas no açude Pentecoste no período de março a dezembro de 2002.

Meses de Coleta	Estação							
	E1		E2		E3		E4	
	Sup. ¹	2 m ²	Sup.	2 m	Sup.	2 m	Sup.	2 m
Mar	0,3900	0,3400	0,3000	0,3900	0,6300	0,7200	0,5200	0,5400
Abr	0,2400	0,2600	0,1600	0,1800	0,8400	1,0700	1,1200	0,8200
Mai	0,2928	0,1220	0,0732	0,0122	1,0492	0,4270	0,4270	0,4880
Jun	0,3782	0,2928	0,3294	0,3294	0,1342	0,0854	0,0976	0,2318
Jul	0,3050	0,2806	0,2806	0,2928	0,2318	0,2074	0,1952	0,1708
Ago	0,3904	0,2440	0,3416	0,2806	0,2806	0,2074	0,2318	0,1952
Set	0,2562	0,2196	0,2562	0,2196	0,2562	0,3294	0,2440	0,2562
Out	0,3050	0,7930	0,6588	0,6344	0,6466	0,6710	0,6344	0,5856
Nov	0,6466	0,6588	0,5856	0,6222	0,6222	0,5978	0,5734	0,6344
Dez	0,5490	0,5246	0,5490	0,4880	0,4880	0,5124	0,4026	0,4026

¹ - Superfície; ² - 2 m de profundidade

decomposição da matéria orgânica, pois em abril também verificou-se valores de DQO mais elevados do que no mês de março e/ou pelas cargas alóctones de nutrientes. Já no mês de maio, as concentrações de amônia apresentaram-se mais baixas, provavelmente em virtude dos processos de nitrificação e diluição.

Houve uma relação inversa entre amônia e transparência da água nas estações E3 e E4 (Tabela 5). Esta relação pode estar associada com o aumento do volume d'água do açude, que promoveu a elevação da transparência e diminuição das concentrações de amônia, tanto na estação E3 como na E4.

Verificou-se que no mês de abril, quando ocorreu o aporte de grande volume de águas turvas, houve uma redução na transparência e aumento nas concentrações de amônia. No período de maio a junho, quando foram verificadas as maiores precipitações e não houve entrada de águas turvas, ocorreu um aumento na transparência e diminuição nas concentrações de amônia, nas estações E3 e E4.

A relação inversa entre as concentrações de amônia e nitrato na estação E1 pode estar associada ao processo de nitrificação, que segundo Esteves (1998), transforma a amônia em nitrato. A respeito da relação, diretamente proporcional, entre amônia e nitrato na estação E3, pode-se inferir que esse fato pode decorrer tanto do processo de decomposição como da nitrificação.

No primeiro caso, a amônia é originada pela decomposição da matéria orgânica e, posteriormente, pelo processo de nitrificação é oxidada a nitrito e a nitrato. Como nas estações localizadas na desem-

bocadura dos rios (E3 e E4) há um carreamento constante de matéria orgânica pelos tributários, a amônia consumida pela nitrificação é sempre reposada pela decomposição.

O aumento proporcional entre amônia e fósforo verificado nas estações E3 e E4 (Tabela 5) provavelmente está associado à fonte destes nutrientes, pois a matéria orgânica introduzida nos tributários representou uma fonte potencial de nitrogênio e fósforo para o ambiente aquático. Logo, pode-se inferir com base nesta relação que, no processo de decomposição, há liberação de uma quantidade proporcional de ambos os nutrientes.

b) Nitritos (NO₂)

No mês de junho ocorreu um pico de nitritos nas estações E1 e E2, tanto na superfície como na profundidade de 2 m (Tabela 2). Como o nitrito é o produto intermediário da transformação da amônia em nitrato (Esteves, 1998; Horne e Goldman, 1994), estes altos valores de nitritos podem estar relacionados com o processo de nitrificação, já que no referido mês também foram verificados baixos teores de amônia e, no mês seguinte, concentrações mais elevadas de nitrato. A partir de julho, as concentrações de nitritos apresentaram valores semelhantes entre as estações avaliadas.

Com relação aos teores de nitritos determinados na superfície e na profundidade de 2 m, observou-se, na maior parte do período de amostragem, que esses valores foram muito semelhantes nas quatro estações.

Tabela 2 - Concentrações de nitritos em NO₂ (mg.L⁻¹) obtidas no açude Pentecoste no período de março a dezembro de 2002.

Meses de Coleta	Estação							
	E1		E2		E3		E4	
	Sup. ¹	2 m ²	Sup.	2 m	Sup.	2 m	Sup.	2 m
Mar	0,0600	0,0500	0,0200	0,0200	0,0600	0,0200	0,0170	0,0170
Abr	0,0099	0,0099	0,0130	0,0099	0,0430	0,0099	0,0066	0,0400
Mai	0,0198	0,0231	0,0165	0,0132	0,0132	0,0099	0,0066	0,0198
Jun	0,0693	0,0627	0,0726	0,0660	0,0132	0,0132	0,0132	0,0165
Jul	0,0099	0,0132	0,0165	0,0165	0,0165	0,0132	0,0165	0,0165
Ago	0,0264	0,0297	0,0264	0,0264	0,0132	0,0165	0,0165	0,0165
Set	0,0132	0,0165	0,0132	0,0165	0,0066	0,0099	0,0132	0,0132
Out	0,0198	0,0198	0,0165	0,0198	0,0165	0,0165	0,0132	0,0132
Nov	0,0165	0,0132	0,0132	0,0198	0,0165	0,0231	0,0198	0,0297
Dez	0,0099	0,0165	0,0165	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0165

¹ - Superfície; ² - 2 m de profundidade

Os teores de nitritos oscilaram entre 0,0066 mg.L⁻¹, em abril na superfície da estação E4, e 0,0726 mg.L⁻¹, no mês de junho na superfície da estação E2. Concentrações próximas a estas foram encontradas por Gurgel (2001) nas bacias hidrográficas do Estado do Ceará, Silveira et al. (2001) na bacia do Rio Meia Ponte/GO e por Paz et al. (2001) em quatro açudes localizados na bacia hidrográfica do Rio Taperoá/PB.

As concentrações de nitritos diminuíram com a elevação do nível de água do açude apenas na estação E3 (Tabela 5), comprovando mais uma vez que ocorreu uma diluição dos compostos nitrogenados.

As concentrações de nitritos foram diretamente proporcionais à transparência da água na estação E2. Como esta estação está localizada na parte mais profunda do reservatório, o aumento da transparência proporcionou uma elevação na taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, no teor de oxigênio. Com isto, houve uma quantidade maior de oxigênio disponível para o processo de nitrificação, o qual somente ocorre em condições aeróbicas.

Houve ainda uma relação inversa entre nitritos e transparência da água na estação de coleta E3, provavelmente associada ao aumento do volume d'água do reservatório, que promoveu o aumento na transparência e a diluição das concentrações de nitritos, como ocorreu com os teores de amônia total.

As concentrações de nitritos apresentaram também uma relação inversa com os valores de pH

na estação E2 (Tabela 5), confirmando os dados de Sipaúba-Tavares (1994), que relata a ocorrência de uma maior perda de nitrogênio quando o pH é alto.

O fato das concentrações de nitritos também terem sido diretamente proporcionais as de fósforo nas estações E3 e E4 confirma a teoria de que houve uma liberação de quantidades proporcionais de nitrogênio e fósforo pelo processo de decomposição da matéria orgânica na desembocadura dos principais tributários do açude Pentecoste.

c) Nitratos (NO₃)

Os nitratos apresentaram-se mais elevados, nas quatro estações (Tabela 3), nos meses de maior precipitação (março a maio), sendo este fato mais evidente nas estações localizadas nas desembocaduras dos rios (E3 e E4). Henry et al. (1998) também observaram que as concentrações de nitrato foram mais elevadas no período chuvoso e que o início do período de precipitação funcionou como um “gatilho”, introduzindo N e P provenientes da bacia de drenagem dos dois tributários principais do reservatório Jurumirim (São Paulo). No entanto, os aportes alóctones de nutrientes tiveram efeitos limitados nas estações próximas à desembocadura dos tributários.

Vale ressaltar ainda, que nas margens do açude próximas às estações E3 e E4, existia uma grande quantidade de vegetação que foi completamente coberta com a elevação do nível da água do reservatório, dando início aos processos de decomposição e, em seguida, de nitrificação.

Tabela 3 - Concentrações de nitratos em NO₃ (mg.L⁻¹) obtidas no açude Pentecoste no período de março a dezembro de 2002.

Meses de Coleta	Estação							
	E1		E2		E3		E4	
	Sup. ¹	2 m ²	Sup.	2 m	Sup.	2 m	Sup.	2 m
Mar	0,88	0,88	0,44	0,88	2,64	1,76	0,88	0,88
Abr	0,88	0,88	0,44	0,44	2,20	2,20	2,20	1,76
Mai	0,88	0,88	0,88	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Jun	0,44	0,44	0,44	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00
Jul	0,88	0,88	0,44	0,88	0,44	0,88	1,32	0,44
Ago	0,44	1,32	0,88	0,88	1,32	1,32	1,32	0,88
Set	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Out	0,44	0,88	0,44	0,44	0,88	0,88	0,88	0,44
Nov	0,44	0,88	0,88	0,44	0,44	0,88	0,44	0,44
Dez	0,44	0,44	0,88	0,44	0,88	0,88	0,88	0,44

¹ - Superfície; ² - 2 m de profundidade

As concentrações de nitratos chegaram a 0,0 mg.L⁻¹, em junho, a 2 m de profundidade, nas estações E2, E3 e E4 e ainda na superfície da estação E3 (Tabela 3). A maior concentração (2,64 mg.L⁻¹) foi verificada no mês de março, na superfície da estação E3. Desta forma, os nitratos mantiveram-se dentro dos níveis adequados ao desenvolvimento dos peixes, que segundo Sipaúba-Tavares (1994) é de até 5,0 mg.L⁻¹.

Os teores de nitratos, assim como os de amônia total e nitritos, também diminuiram com o volume d'água do açude na estação E3 (Tabela 5), confirmando novamente a diluição dos compostos nitrogenados e mostrando que a estação E3, localizada na desembocadura do Rio Canindé, foi a mais influenciada pelo nível de água do reservatório.

As concentrações de nitratos foram diretamente proporcionais as de nitritos na estação E3, a qual fica localizada na desembocadura do Rio Canindé. Esse fato, provavelmente está associado aos processos de nitrificação que transformam nitritos em nitratos, e de decomposição da matéria orgânica que funciona como uma fonte constante de amônia, respondendo todos os nitritos do meio aquático que foram usados no primeiro processo.

O fato das concentrações de nitratos, assim como as de amônia total e nitritos, terem sido diretamente proporcionais às de fósforo nas estações E3 e E4, reforça mais uma vez a teoria de que houve uma liberação de quantidades proporcionais de nitrogênio e fósforo pelo processo de decomposição da matéria orgânica.

d) Fosfatos (PO₄)

As concentrações de fosfatos apresentaram uma elevação no mês de abril nas águas superficiais das quatro estações, mas a 2 m de profundidade não ocorreu o mesmo (Tabela 4). Certamente este fato está ligado às cargas externas de nutrientes introduzidas pelos tributários, já que em abril também foram verificadas altas concentrações de amônia total e nitratos, principalmente na zona de influência dos rios. De acordo com Henry et al. (1998) em reservatórios, ambientes hídricos rios/lagos, as cargas externas de nutrientes introduzidas pelos tributários funcionam como um sistema adicional de enriquecimento. Contudo, há variações nos pulsos sazonais de aporte de nutrientes provenientes de toda a bacia de drenagem e seus efeitos têm maiores impactos nos compartimentos mais a montante do reservatório.

As concentrações mais elevadas de fosfatos foram encontradas na superfície da estação E1 durante todo o período de amostragem, sendo que na profundidade de 2 m estes valores foram muito semelhantes nas quatro estações.

A estação E1 caracteriza-se pela freqüente presença de animais, como por exemplo suínos, nas proximidades do açude. Além disso, existem neste local algumas residências de habitantes da cidade cujo lixo produzido é lançado em uma valeta próxima ao açude. Desta forma, o lançamento de dejetos orgânicos de origem animal e/ou doméstica certamente contribuiu para a elevação dos teores de fosfatos nesta estação, principalmente no período seco.

Tabela 4 - Concentrações de fosfatos em PO₄ (mg.L⁻¹) obtidas no açude Pentecoste no período de março a dezembro de 2002

Meses de Coleta	Estação							
	E1		E2		E3		E4	
	Sup. ¹	2 m ²	Sup.	2 m	Sup.	2 m	Sup.	2 m
Mar	0,02	0,04	0,25	0,09	0,05	0,04	0,03	0,02
Abr	0,16	0,03	0,18	0,02	0,09	0,08	0,25	0,07
Mai	0,44	0,13	0,04	0,04	0,05	0,05	0,02	0,02
Jun	0,05	0,05	0,07	0,05	0,02	0,03	0,01	0,01
Jul	0,18	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Ago	0,32	0,21	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01
Set	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Out	0,12	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Nov	0,61	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Dez	0,29	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

¹ - Superfície; ² - 2 m de profundidade

Com exceção da estação E1, as demais estações apresentaram concentrações bastante semelhantes entre os teores de fosfatos determinados na superfície e a 2 m de profundidade, durante todo o período de amostragem.

Os fosfatos variaram de 0,00 a 0,61 mg.L⁻¹, sendo próximos aos verificados por Ceballos et al. (1998) nos açudes do semi-árido paraibano. A estação E3 apresentou valores nulos de fosfatos, na superfície, nos meses de agosto a outubro, bem como a 2 m de profundidade nos meses de outubro e novembro. Na estação E4, os valores nulos de fosfatos foram observados, na superfície, nos meses de agosto a novembro e, a 2 m de profundidade, nos meses de setembro a novembro. A maior concentração de fosfatos (0,61 mg.L⁻¹) foi observada na superfície da estação E1, no mês de novembro (Tabela 4).

As concentrações de fosfatos também diminuíram com a elevação do volume d'água do açude nas estações E2 e E3 (Tabela 5), comprovando novamente a diluição dos nutrientes. Fato semelhante foi verificado por Pessoa (2002) no estuário do Rio Cocó/CE e por Ceballos et al. (1998).

As concentrações de fosfatos foram inversamente proporcionais ao oxigênio dissolvido na estação E1. Como a estação E1 localizou-se próxima a margem do açude e apresentava uma profundidade baixa, a relação inversa entre fósforo e oxigênio observada na profundidade de 2 m pode ter ocorrido devido ao processo de liberação de íon fosfato para a coluna d'água, que segundo Esteves (1998), ocorre mais facilmente em condições de baixas concentrações de oxigênio e sobretudo em anaerobiose, características estas freqüentemente encontradas na parte inferior da coluna d'água.

Tabela 5 - Correlações (valores de r de Pearson) entre os nutrientes e as variáveis físicas e químicas determinadas nas estações de coleta, na superfície e a 2 m de profundidade da coluna d'água do açude Pentecoste.

		Vol.	Temp. Água	Transp.	pH	Cond. Elét.	OD	CaCO ₃	DQO	CO ₂	Salin.	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄	
Estação E1	Superfície	NH ₃	-0,009	0,026	-0,440	0,430	0,076	0,326	-0,468	-0,014	-0,157	-0,467	1			
		NO ₂ ⁻	-0,159	0,191	0,268	-0,553	0,030	-0,178	0,034	-0,041	0,773**	0,255	0,041	1		
		NO ₃ ⁻	-0,365	0,364	0,101	-0,034	0,391	-0,206	0,056	0,451	-0,240	0,333	-0,633*	-0,143	1	
		PO ₄	0,222	-0,117	-0,333	0,168	-0,258	0,000	-0,582	0,230	-0,246	-0,123	0,610	-0,419	-0,305	1
	2 metros	NH ₃	-0,055	-0,282	-0,448	0,605	-0,015	0,604	0,178	-0,204	-0,491	-0,247	1			
		NO ₂ ⁻	-0,056	0,266	0,313	-0,600	-0,017	-0,197	0,044	-0,066	0,702*	0,180	-0,199	1		
		NO ₃ ⁻	-0,330	0,138	-0,277	0,314	0,185	0,030	0,123	0,337	-0,496	0,509	0,063	-0,428	1	
		PO ₄	0,243	-0,230	0,045	-0,602	-0,284	-0,639*	0,039	0,082	0,298	0,229	-0,477	0,215	-0,387	1
Estação E2	Superfície	NH ₃	0,100	-0,389	-0,549	0,544	-0,070	0,534	0,168	-0,337	-0,454	-0,364	1			
		NO ₂ ⁻	0,002	0,020	0,711*	-0,680*	-0,405	-0,306	-0,256	-0,331	0,623	0,115	-0,046	1		
		NO ₃ ⁻	0,322	-0,419	-0,393	0,012	-0,212	0,243	-0,147	-0,158	0,040	-0,333	0,042	-0,308	1	
		PO ₄	-0,870**	0,778**	0,145	-0,024	0,747*	-0,153	0,010	0,671*	-0,073	0,204	-0,407	0,045	-0,540	1
	2 metros	NH ₃	-0,068	-0,195	-0,539	0,625	0,076	0,501	0,155	-0,196	0,207	-0,257	1			
		NO ₂ ⁻	0,374	0,053	0,615	-0,601	-0,467	-0,239	-0,058	-0,371	0,607	0,194	0,082	1		
		NO ₃ ⁻	-0,013	-0,154	-0,203	-0,111	0,095	-0,225	0,035	0,261	-0,364	0,206	-0,566	-0,575	1	
		PO ₄	-0,445	0,424	0,267	-0,451	0,363	-0,398	-0,016	0,493	0,018	0,214	-0,231	0,331	0,192	1
Estação E3	Superfície	NH ₃	-0,476	0,471	-0,350	-0,213	-0,247	-0,010	-0,373	0,792**	-0,298	-0,384	1			
		NO ₂ ⁻	-0,933**	0,442	-0,669*	-0,297	0,150	-0,265	-0,298	0,713*	0,200	-0,458	0,369	1		
		NO ₃ ⁻	-0,862**	0,399	-0,620	-0,367	0,069	-0,280	-0,190	0,690*	0,098	-0,477	0,544	0,830**	1	
		PO ₄	-0,678*	0,779**	-0,455	-0,596	-0,457	-0,369	-0,772**	0,843**	0,185	-0,775**	0,648*	0,704*	0,686*	1
	2 metros	NH ₃	-0,812**	0,363	-0,881**	-0,090	-0,144	0,160	-0,251	0,819**	-0,353	-0,697*	1			
		NO ₂ ⁻	-0,233	-0,170	-0,250	0,388	0,560	0,060	0,288	-0,017	-0,063	0,363	0,102	1		
		NO ₃ ⁻	-0,717*	0,241	-0,574	-0,495	-0,241	-0,401	-0,223	0,684*	-0,046	-0,638*	0,679*	-0,200	1	
		PO ₄	-0,545	0,537	-0,297	-0,772**	-0,639*	-0,413	-0,700*	0,771**	0,300	-0,759*	0,507	-0,458	0,671*	1
Estação E4	Superfície	NH ₃	-0,687*	0,294	-0,771**	-0,239	-0,708*	0,012	-0,173	0,736*	-0,383	-0,803*	1			
		NO ₂ ⁻	0,084	-0,219	0,112	0,444	0,384	0,100	0,300	-0,535	0,176	0,571	-0,415	1		
		NO ₃ ⁻	-0,307	0,063	-0,241	-0,612	-0,575	-0,575	-0,337	0,580	-0,016	-0,778**	0,565	-0,616	1	
		Fósf.	-0,564	0,460	-0,585	-0,581	-0,788**	-0,326	-0,451	0,720*	-0,015	-0,991**	0,804**	-0,593	0,785**	1
	2 metros	NH ₃	-0,683*	0,286	-0,701*	-0,166	-0,565	0,126	-0,526	0,739*	-0,320	-0,625	1			
		NO ₂ ⁻	-0,450	0,126	-0,500	-0,457	-0,789**	-0,216	-0,890**	0,666*	-0,028	-0,834**	0,729*	1		
		NO ₃ ⁻	-0,495	0,048	-0,249	-0,597	-0,481	-0,432	-0,545	0,662*	-0,173	-0,696*	0,514	0,572	1	
		PO ₄	-0,584	0,377	-0,444	-0,691	-0,665*	-0,488	-0,819**	0,782**	0,173	0,934**	0,570	0,769**	0,764*	1

* Correlação significativa ao nível de 5 % (á = 0,05)

** Correlação significativa ao nível de 1 % (á = 0,01)

A relação inversa entre fósforo e pH verificada nas estações E3 e E4 (Tabela 5), provavelmente, deveu-se a precipitação do fósforo no sedimento. De acordo com Margalef (1991) e Sipaúba-Tavares (1994), quando o pH aumenta por causa da fotossíntese, uma fração considerável de fosfatos precipita com o CaCO_3 no sedimento, podendo ser perdido do sistema.

Conclusões

As águas localizadas nas zonas de influência dos principais tributários do açude Pentecoste foram as mais afetadas pelo carreamento de substâncias alóctones na estação chuvosa, especialmente as águas do Rio Canindé, em virtude deste apresentar uma menor profundidade do que o Rio Capitão Mor.

Os processos de decomposição e nitrificação foram os principais responsáveis pela oscilação dos teores de nitrogênio e fósforo no reservatório.

De acordo com os valores encontrados para as concentrações de amônia total, nitritos, nitratos e fosfatos, a água do açude Pentecoste é adequada para o cultivo de organismos aquáticos.

Como esta pesquisa foi realizada durante um período de dez (10) meses, não podemos afirmar categoricamente que a estação E1, localizada próxima de algumas residências, representa uma fonte de poluição para o açude, apesar das elevadas concentrações de fosfatos.

Referências Bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 14.ed. New York: APHA, AWWA, WPCF, 1975. 309p.

ARAÚJO, J. A. A. **Barragens no Nordeste do Brasil: experiência do DNOCS em barragens na região semi-árida**. 2.ed. Fortaleza: DNOCS, 1990. 328p.

CEBALLOS, B. S. O.; DINIZ, C. R.; KÖNIG, A. Algas como bioindicadores do nível trófico de

ecossistemas lênticos do semi-árido paraibano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.3, n.3, p.571-590, 1998.

CRUZ, H. P.; COIMBRA, R. M.; FREITAS, M. A. V. **Vulnerabilidade climática e recursos hídricos no Nordeste**. Brasília: Agência Nacional de Água, 1999. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/criticos/Situacoes/Seca/txtcorrelato/vulnerabilidade-climatica.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2003.

ESTEVES, F. A. **Funreservoirs de Limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

GUERRA, P. B. **Açudes públicos do Nordeste: relação dos reservatórios construídos até 1988**. 3.ed. Fortaleza: DNOCS, 1990. 24p.

GURGEL, J. J. S. **A pesca nos açudes do Estado do Ceará relacionada com alguns fatores limnológicos**. 2001. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

GURGEL, J. J. S.; FERNANDO, C. H. Caracterização limnológica da grande bacia hidrográfica do Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 11 e CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE PESCA, 1., Recife. **Anais...** Recife: AEP/PE, FAEP/BR, 1999, v.1, p.424-432.

HENRY, R.; NUNES, M. A.; MITSUKA, P. M.; LIMA, N.; CASANOVA, S. M. C. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.58, n.4, p.571-590, nov. 1998.

HORNE, A. J.; GOLDMAN, C. R. **Limnology**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1994. 576p.

MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: Omega, 1991. 951p.

PAZ, R. J.; LEITE, R. L.; ESTRELA-JÚNIOR, J. B.; WATANABE, T. Caracterização limnológica de quatro açudes localizados na bacia hidrográfica do Rio Taperoá (Região do semi-árido da Paraíba). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 8., 2001, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa: UFPB, SBL, 2001. p.56.

PESSOA, E. V. **Estudo do “Standing-crop” da água do estuário do Rio Cocó (Ceará-Brasil), como indicador das modificações físico-químicas do meio.** 2002. 141 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

RAMACHANDRA, T. V.; AHALYA, N. **Essentials in limnology & geographic information system (GIS):** Limnology – lake zones. Bangalore: Limgis, 2002. Disponível em: <[http://](http://ces.iisc.ernet.in/energy/monograph1Limage4.html)

ces.iisc.ernet.in/energy/monograph1Limage4.html>. Acesso em: 22 jan. 2003.

SILVEIRA, F. L. S.; PIVA, C. B.; SILVA, L. C. F.; SILVEIRA, A. V. T.; FIALHO, A. P.; OLIVEIRA, L. G. Caracterização limnológica e qualidade da água na bacia do Rio Meia Ponte, Goiás, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 8., 2001, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa: UFPB, SBL, 2001. p.71.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aqüicultura.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.

