

FRAÇÕES DE FOSFATO EM RESERVATÓRIOS DE ÁGUA EM LAVRAS – MG

Fractions of phosphate in water bodies in Lavras - MG

Regilene Angélica da Silva Souza¹, Suzana Romeiro de Araújo², Valquíria Aparecida Mendes de Jesus³,
João José Marques⁴, Nilton Curi⁴, Mário Cesar Guerreiro⁵

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo determinar os teores e as frações de P presentes nos corpos d'água de reservatórios no Campus da Universidade Federal de Lavras, verificando a eventual presença de condições de eutrofização. Foram selecionados oito reservatórios dentro do Campus, representando as condições de uso e manejo do solo. As amostragens foram realizadas mensalmente, com início em janeiro e término em dezembro de 2004. Foram quantificados os níveis de P, nas seguintes formas: ortofosfato solúvel (OPS), ortofosfato total (OPT), P solúvel total (PST), P total (PT), P particulado total (PPT), P não reativo solúvel (PNRS), P não reativo particulado (PNRP) e o ortofosfato particulado (OPP). Foram também avaliados os parâmetros: pH, condutividade eletrolítica, Ca, Mg, Na, K, NO_3^- , NO_2^- e NH_4^+ . Os limites de detecção do método e os limites de quantificação foram determinados. Os valores encontrados de OPS para os corpos d'água sempre estiveram abaixo do permitido pela Resolução CONAMA 357/05. No entanto, outras frações de P apresentaram teores elevados, refletindo as precipitações pluviométricas e as condições do solo. Esses teores mais elevados têm caráter momentâneo e, no geral, estes corpos d'água podem ser considerados de excelente qualidade quanto à presença de P. O manejo do solo dentro do Campus da UFLA e o tratamento aplicado a efluentes e águas residuárias de granjas e estábulos mostraram, no geral, serem adequados, não oferecendo grandes riscos de eutrofização aos cursos d'água que cortam o campus.

Termos para indexação: Fósforo, eutrofização, qualidade de água.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the contents and fractions of P in water bodies at the Campus of the Federal University of Lavras to verify the occurrence of eutrophication. Eight artificial lakes were chosen, representing the conditions of soil use and management in the campus. The samples were collected monthly from January to December 2004. The levels of P in the following forms were assessed: soluble orthophosphate (OPS), total orthophosphate (OPT), total soluble P (PST), total P (PT), total particulate P (PPT), soluble non-reactive P (PNRS), non-reactive particulate P (PNRP), and total particulate orthophosphate (OPP). The pH, electrolytic conductivity, Ca, Mg, Na, K, NO_3^- , NH_4^+ , and NO_2^- were also evaluated. The contents of OPS were below those allowed by the CONAMA 357/05 Resolution. Nevertheless, other fractions of P were present in high contents, reflecting the soil conditions and the rainfall. Episodes of high P contents were momentary. In general, these water bodies may be considered of excellent quality concerning the P contents. Soil management in the Campus and the treatment applied to effluents and waste waters appear to be suitable avoiding eutrophication.

Index terms: Phosphate, eutrophication, water quality.

(Recebido em 20 de setembro de 2005 e aprovado em 18 de outubro de 2006)

INTRODUÇÃO

Lagos, represas e rios são as fontes mais valiosas de água potável. Sabe-se que a vida de muitas pessoas depende tanto de lagos naturais como artificiais, os quais fornecem água para beber e desenvolver atividades agrícolas e industriais. Além disso, os lagos e as represas garantem oportunidades únicas de recreação. Por outro lado, as águas superficiais possuem características especiais que as tornam vulneráveis à poluição e degradação. A eutrofização de lagos e represas é um

processo de degradação que tem início com a entrada de nutrientes, especialmente N e P, trazidos pela drenagem superficial de áreas agrícolas e por descargas industriais e urbanas não tratadas. A deterioração da qualidade hídrica devido à eutrofização pode causar problemas de saúde pública que resultam em graves perdas econômicas. A prevenção da eutrofização ou a recuperação de lagos e reservatórios eutrofizados demanda um planejamento adequado e o gerenciamento do manancial a ele associado.

¹Engenheira Agrônoma MSc. Doutoranda. Faculdade de Agronomia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS – Av. Bento Gonçalves, 7712 – 91540-000 – Porto Alegre, RS – regilen@yahoo.com.br

²Engenheira Agrônoma, Mestranda – ESALQ/USP – Av. Pádua Dias, 11 – Cx. P. 9 – Piracicaba, SP.

³Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – valquiriamj@yahoo.com.br

⁴Engenheiro Agrônomo, PhD – Professores do Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – niltoncuri@ufla.br; jmarques@ufla.br

⁵Químico, PhD – Professor Adjunto do Departamento de Química/DQI – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – guerrero@ufla.br

Dos nutrientes carreados ou despejados nos corpos d'água, o P é considerado como o mais limitante. Segundo Salas & Martino (1991), a maioria dos lagos tropicais da América Latina apresenta condições limitantes com relação aos teores de P. Comparado ao N, sua demanda em relação ao suprimento é muito maior. Com o suprimento suficiente de P, mesmo que as fontes de N disponíveis estejam em quantidades muito pequenas, certas cianobactérias podem fixar N₂ atmosférico dissolvido na água (TUNDISI, 2003).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar os teores e as frações de fósforo presentes em corpos d'água no Campus da Universidade Federal de Lavras, verificando a qualidade da água, e o seu potencial e a eutrofização decorrente do uso das áreas do entorno.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado nas represas do Campus da Universidade Federal de Lavras, Município de Lavras, Estado de Minas Gerais. O clima da região em estudo, segundo a classificação de Köppen (OMETTO, 1981), é Cwa, temperado suave, chuvoso, com inverno seco e verão úmido. A evaporação média anual é de 1054 mm e a precipitação é 1411 mm. A temperatura média anual é de 19,4°C (BRASIL, 1992). O clima caracteriza-se ainda por apresentar uma estação seca (abril–setembro) e uma estação chuvosa (outubro–março) (LANDA, 1999) bem definidas.

Quanto aos solos, em geral, as represas estão localizadas em áreas com predomínio de Latossolos, Cambissolos, Argissolos e, em menor grau, Nitossolos. O relevo é predominantemente movimentado no entorno das represas, mas sendo normalmente suave-ondulado ou ondulado na região.

Amostragens

As amostragens foram realizadas mensalmente, com início em jan/04 e término em dez/04. Para o presente estudo, foram amostradas oito represas. Os pontos selecionados e amostrados, bem como o uso do solo em cada ponto estudado, encontram-se na Tabela 1.

Coleta, preservação e análise química da água

As amostras foram coletadas próximo à margem dos reservatórios, ligeiramente abaixo da superfície, em locais representativos e sem estagnação de água. Utilizaram-se para as coletas frascos plásticos de 1 L previamente descontaminados. Imediatamente após a coleta, as amostras receberam tratamento especial de preservação de acordo com os parâmetros das análises desejadas, conforme descrito em APHA (1998).

Foram quantificados os teores de P em todos os pontos amostrados, nas seguintes formas: ortofosfato solúvel (OPS), ortofosfato total (OPT), P solúvel total (PST) e P total (PT). Posteriormente, foram calculadas as seguintes frações: P solúvel não reativo (PNRS), P particulado total (PPT), ortofosfato particulado (OPP) e P particulado não reativo (PNRP).

Para o presente estudo foram consideradas formas solúveis aquelas que passaram pela membrana de 0,45 µm, conforme mostra a Figura 1. Em todas as frações, o P foi determinado colorimetricamente pelo método do ácido ascórbico (APHA, 1998), utilizando cubetas de 50 e 100 mm de comprimento para melhor limite de detecção e três repetições analíticas. Para a determinação do P total (PT) e P solúvel total (PST), utilizou-se uma alíquota do material não filtrado e filtrado (membranas de 0,45 µm), respectivamente, adicionando-se às amostras, 1 mL de H₂SO₄ e 0,5 g de K₂S₂O₈, as quais em seguida foram

TABELA 1 – Usos do solo no entorno dos pontos amostrados.

Pontos	Uso do solo no entorno	Localização (UTM 23K SAD69)
1	Plantações de fruteiras	501.663 / 7.652.340
2	Mata secundária e pastagens	502.133 / 7.652.280
3	Área desmatada sem utilização definida e com presença de gramíneas	502.280 / 7.652.104
4	Solo cultivado com pastagem, a jusante de estábulos e granjas de suínos e aves	501.666 / 7.652.327
5	Agricultura convencional e pastagens plantadas	503.536 / 7.652.350
6	Agricultura convencional e pastagens plantadas	503.217 / 7.653.226
7	Área recreativa com mata secundária e agricultura	502.567 / 7.653.356
8	Área de lavouras convencionais	502.530 / 7.653.161

submetidas à digestão (MAHER & WOO, 1998) em microondas. A rampa de aquecimento foi de 10 minutos, permanecendo na pressão de 138 kPa por 25 minutos. A fração ortofosfato solúvel (OPS), foi determinada após filtragem das alíquotas em membranas de 0,45 μm . O ortofosfato total solúvel (OPT) foi determinado utilizando-se uma alíquota do material não filtrado. Posteriormente às quantificações, foram calculadas as frações: P particulado total (PPT), pela diferença entre o PT e PST; o P não reativo solúvel (PNRS), pela diferença entre o PST e o OPS; o ortofosfato particulado (OPP), pela diferença entre o OPT e o OPS; e o P não reativo particulado (PNRP) pela diferença entre o PPT e o OPP.

Foram utilizadas amostras em branco para controle de qualidade. Com os resultados obtidos dessas amostras, foram determinados e calculados os limites de detecção do método (LDM) e o de quantificação (LQ). De acordo com Machado & Ferreira (1997), foram usadas as seguintes equações:

$$LDM = \bar{x}_b + t_{0,01}^{n-1} \times \sigma_b$$

$$LQ = \bar{x}_b + 10 \times \sigma_b$$

em que:

\bar{x}_b é o teor médio de P amostras em branco;

σ_b é o desvio padrão do teor de P das n amostras em branco;

$t_{0,01}^{n-1}$ é o valor de Student para 1% de probabilidade e n - 1 graus de liberdade. Para n = 7 e a = 0,01, t = 3,14.

As demais análises químicas, para fins de caracterização, foram realizadas apenas duas vezes: na estação seca e na estação chuvosa de 2004. O procedimento para a determinação de NO_3^- foi baseado na redução do NO_3^- a NO_2^- em coluna de Cd-Cu, sendo determinado posteriormente por colorimetria pelo método de Griess-

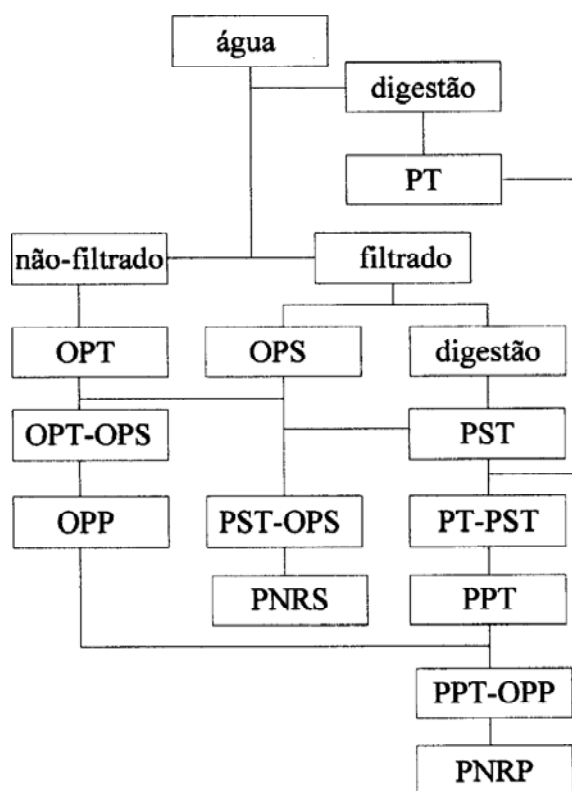


FIGURA 1 – Frações de P quantificadas por espectrofotometria, utilizando-se o método do ácido ascórbico (APHA, 1998) nos corpos d'água estudados (P total = PT, ortofosfato solúvel = OPS, P solúvel total = PST, ortofosfato total = OPT, ortofosfato particulado = OPP, P particulado total = PPT, P não reativo solúvel = PNRS, e P não reativo particulado = PNRP).

Ilosvay (adição de n-1 naftil etilenodiamino dicloridrato). O NH_4^+ foi determinado por colorimetria após destilação e reação com reagente de Nessler ($\text{KI} + \text{HgI}_2$). Cálcio e Mg foram determinados através de espectrômetro de absorção atômica de chama ar-acetileno. Potássio e Na foram quantificados por fotometria de chama.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização química da água das represas

Em relação ao pH, em todos os corpos d'água estudados os valores mantiveram-se na faixa de 6,2–7,5 (Tabela 2), estando dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005). A variação de valores obtido entre as estações do ano permitiu verificar que as flutuações dos valores medidos foram relativamente pequenas. Segundo Talamoni (1995), baixas flutuações nos valores de pH sugerem que os corpos d'água têm um eficiente sistema de tamponamento ou acelerada dinâmica metabólica.

Nos corpos d'água estudados, as medidas de CE resultaram em valores médios relativamente baixos. Segundo Gastaldini & Mendonça (2001), a CE de águas

naturais varia de 1 a 100 mS m^{-1} . Entretanto, valores mais expressivos de CE foram verificados nos pontos 5 e 6 na estação seca. Estes pontos abrangem as represas localizadas em áreas agrícolas e pastagens. Neste caso, o aumento na CE pode ser explicado pelo aporte de fertilizantes usados na área e dos dejetos dos animais que pastejam às margens da represa. Havendo baixo volume de água na época seca, houve aumento na concentração de íons. Já na estação chuvosa, devido ao efeito de diluição, os valores de CE para essas represas foram mais baixos. O mesmo comportamento foi observado para as demais represas estudadas.

Os resultados referentes a Ca, Mg, K e Na indicam baixas concentrações. Entretanto, esses valores encontram-se relativamente acima dos valores observados em outros lagos brasileiros (ESTEVES, 1998), embora ainda dentro do considerado aceitável. De acordo com Silva et al. (2003), o teor médio de cátions básicos dissolvidos nas águas de lagos e rios de toda a Terra é 30 mg Ca L^{-1} , 8 mg Na L^{-1} , 5 mg Mg L^{-1} e 3 mg K L^{-1} . Possivelmente, as fontes difusas de origem antrópica como agricultura e a criação de animais estão exercendo influência significativa sobre

TABELA 2 – Valores de pH, condutividade eletrolítica (CE), Ca, Mg, Na, K, NO_3^- , NO_2^- e NH_4^+ encontrados para os cursos d'água estudados durante a estação seca e chuvosa de 2004.

Pontos	Estação seca/2004								
	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
		mS m^{-1}					mg Lg^{-1}		
P1	6,7	6,9	3,7	23,4	1,9	4,5	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P2	7,5	8,1	2,0	61,7	0,3	0,4	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P3	7,4	5,1	1,8	25,5	1,3	1,4	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P4	6,9	2,4	19,0	9,3	0,5	1,0	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P5	6,5	12,6	13,9	35,6	3,3	3,3	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P6	6,9	10,1	8,7	37,4	2,2	3,3	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P7	6,2	1,5	11,6	3,8	0,5	0,4	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P8	6,7	1,5	12,0	0,6	0,3	0,4	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
Pontos	Estação chuvosa/2004								
	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+
		mS m^{-1}					mg Lg^{-1}		
P1	6,7	6,3	4,1	1,8	3,0	4,9	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P2	6,8	6,9	3,8	6,9	0,2	1,2	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P3	6,9	4,6	3,6	2,7	1,8	2,0	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P4	7,1	1,8	1,8	0,7	0,2	1,6	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P5	6,5	7,8	8,9	3,5	1,2	4,5	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P6	6,9	6,7	7,4	3,1	1,8	4,2	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P7	7,3	1,1	1,3	0,4	0,2	1,3	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048
P8	6,9	1,4	1,0	0,5	0,2	1,9	0,1–1,0	0,1–1,0	<0,048

estes teores, como pode ser verificado nos pontos 1, 5, 6 e 8. Para a estação seca, houve aumento desses nutrientes nos corpos d'água. Por outro lado, na estação chuvosa, esses valores diminuíram, concordando com as observações anteriormente relatadas.

As concentrações de NO_3^- , NO_2^- e NH_4^+ e encontradas para as duas estações estão abaixo dos limites determinados pela Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005) para as águas da classe 3. Foram encontrados valores de NO_3^- , NO_2^- e NH_4^+ $< 1 \text{ mg L}^{-1}$. Para NO_3^- e NO_2^- , os valores encontrados estiveram sempre acima dos LDM e LQ ($0,092 \pm 0,010$ e $0,102 \pm 0,010$, respectivamente), e para NH_4^+ , os valores encontrados foram $< \text{LDM}$ ($0,048 \pm 0,013$).

Fósforo na água das represas

Para o PT, que corresponde a todas as formas de P encontradas na água, tanto solúveis como particuladas, em todos os meses amostrados, os valores mantiveram-se elevados em todas as represas estudadas. A represa P1 foi a que apresentou os valores mais elevados de PT, como observado na Figura 2 na qual são apresentados os pontos com valores mais expressivos de fósforo. Essa represa fica localizada em área de influência agrícola com plantações de fruteiras. O solo dominante nesta área é um Cambissolo. Sabe-se que esse solo possui um reduzido teor de P-Mehlich, conseqüentemente a sua utilização para fins agrícolas requer a correção dos níveis deste elemento, sendo normalmente utilizadas para isso adubações de NPK. Silva (2003) observou um enriquecimento de P nos sedimentos erodidos. De acordo com o autor, os valores de erodibilidade encontrados para esse Cambissolo foram considerados moderados, fazendo deste um dos solos mais erodíveis do Campus da UFLA.

No P8, também sob influência agrícola, foi observada, no mês de março, a maior concentração de PT ($0,501 \text{ mg L}^{-1}$). Observações realizadas na época da coleta constataram que áreas em torno da represa estavam sob manejo inadequado, sem vegetação em virtude de queimadas recentes. Possivelmente, tal fato explica a elevada concentração de PT na água da represa. Em relação aos demais meses do ano, com exceção de março, os valores de PT foram reduzidos para esta represa.

Para as demais represas, os aumentos de PT coincidem geralmente com as maiores precipitações, como observado na Figura 2. Já os menores valores de PT foram observados no mês de agosto, o mês de menor precipitação no ano de 2004. Quanto ao uso do solo, os maiores valores

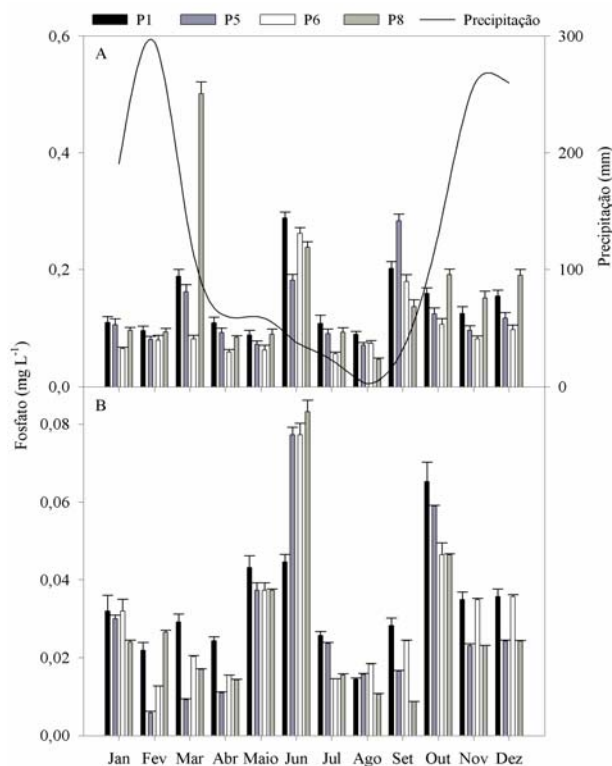


FIGURA 2 – Fósforo total (PT) e precipitação mensal em 2004 (a) e a fração ortofosfato solúvel (OPS) (b) para os corpos d'água estudados. Traços no alto das barras indicam o desvio-padrão.

geralmente estão em reservatórios cujo entorno mais intensamente encontra-se sob uso agrícola.

O OPS corresponde à fração solúvel, não coloidal de P na água, que pode estar nas formas H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} . Essa fração é a mais imediatamente biodisponível e a que apresenta melhor correlação com os processos comumente associados à eutrofização (crescimento exagerado de algas, p.e.) (MAHER & WOO, 1998). Em virtude disso, será dada maior ênfase a essa fração, sendo esta utilizada para comparações com o limite estipulado na Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005) para ambientes lênticos, que estabelece limites de $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ de fosfato.

Os resultados de OPS foram baixos (Figura 2), para todas as represas estudadas, o que é positivo. Não houve grandes diferenças entre as estações seca e chuvosa. Os valores encontrados mais expressivos foram nos pontos 1, 5 e 6. Para o mês de junho, os pontos 5, 6 e 8 apresentaram

valores de P mais elevados, entretanto, abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005). Possivelmente, os aumentos nos teores de P para os pontos 5, 6 e 8 ocorreram em função de eventos pluviométricos no período, ou de condições internas dos corpos d'água, como estratificação e desestratificação ou isotermia no inverno.

Quanto às demais frações de P solúvel estudadas (Tabela 3), observou-se que o PST, fração que abrange todas as formas solúveis de P, apresentou valores mais expressivos nos meses de junho e entre set–dez, para todas

as represas estudadas. Os menores valores foram encontrados no mês de agosto, seguindo as considerações já feitas para o PT.

A fração do P solúvel não disponível, representada pela PNRS, apresentou valores altos nos meses de junho e out–dez. Essa fração abrange formas de P solúvel ligadas às partículas coloidais orgânicas e inorgânicas. São formas de P que podem, potencialmente, vir a se tornar imediatamente biodisponíveis.

Para a fração particulada (Tabela 4), os maiores teores de PPT foram calculados para as represas P1, P2,

TABELA 3 – Frações de P nos corpos d' água estudados correspondentes ao P solúvel total (PST) e P não reativo solúvel (PNRS).

Frações*	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Ponto 1												
PST (mg L ⁻¹)	0,039	0,030	0,029	0,037	0,045	0,208	0,034	0,025	0,151	0,101	0,077	0,091
PNRS (mg L ⁻¹)	0,007	0,008	0,000	0,013	0,002	0,164	0,008	0,011	0,122	0,036	0,042	0,055
Ponto 2												
PST (mg L ⁻¹)	0,032	0,025	0,023	0,031	0,035	0,146	0,028	0,022	0,134	0,092	0,069	0,081
PNRS (mg L ⁻¹)	0,007	0,015	0,012	0,019	0,015	0,101	0,012	0,006	0,107	0,077	0,040	0,051
Ponto 3												
PST (mg L ⁻¹)	0,046	0,035	0,034	0,043	0,046	0,155	0,040	0,020	0,149	0,078	0,058	0,066
PNRS (mg L ⁻¹)	0,018	0,020	0,020	0,029	0,023	0,107	0,026	0,011	0,141	0,038	0,035	0,041
Ponto 4												
PST (mg L ⁻¹)	0,055	0,042	0,041	0,050	0,053	0,155	0,048	0,025	0,062	0,109	0,083	0,099
PNRS (mg L ⁻¹)	0,035	0,030	0,031	0,038	0,029	0,104	0,032	0,022	0,037	0,087	0,060	0,075
Ponto 5												
PST (mg L ⁻¹)	0,055	0,042	0,041	0,050	0,053	0,149	0,048	0,028	0,182	0,084	0,063	0,073
PNRS (mg L ⁻¹)	0,025	0,036	0,032	0,039	0,016	0,071	0,024	0,013	0,165	0,025	0,040	0,048
Ponto 6												
PST (mg L ⁻¹)	0,051	0,039	0,038	0,047	0,050	0,164	0,044	0,030	0,148	0,066	0,048	0,053
PNRS (mg L ⁻¹)	0,019	0,026	0,018	0,032	0,013	0,086	0,030	0,012	0,124	0,020	0,013	0,017
Ponto 7												
PST (mg L ⁻¹)	0,046	0,035	0,034	0,043	0,044	0,161	0,040	0,022	0,099	0,147	0,115	0,142
PNRS (mg L ⁻¹)	0,021	0,027	0,025	0,034	0,008	0,083	0,026	0,014	0,090	0,132	0,092	0,118
Ponto 8												
PST (mg L ⁻¹)	0,046	0,087	0,088	0,059	0,079	0,202	0,082	0,024	0,079	0,100	0,076	0,090
PNRS (mg L ⁻¹)	0,022	0,060	0,071	0,045	0,042	0,119	0,066	0,013	0,070	0,053	0,053	0,065

*Concentração de P na forma de fosfato.

TABELA 4 – Frações de P, nos corpos d'água estudados, correspondentes ao P particulado total (PPT), fósforo não reativo particulado (PNRS), ortofosfato particulado (OPP) e ortofosfato total (OPT).

Frações	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Ponto 1												
PPT (mg L ⁻¹)	0,070	0,065	0,159	0,071	0,043	0,080	0,074	0,064	0,051	0,058	0,048	0,064
PNRP (mg L ⁻¹)	0,066	0,023	0,146	0,045	0,035	0,024	0,051	0,059	0,039	0,052	0,030	0,046
OPP (mg L ⁻¹)	0,004	0,042	0,013	0,027	0,007	0,057	0,022	0,005	0,013	0,006	0,018	0,017
OPT (mg L ⁻¹)	0,036	0,064	0,043	0,051	0,051	0,101	0,048	0,020	0,041	0,072	0,053	0,053
Ponto 2												
PPT (mg L ⁻¹)	0,070	0,059	0,226	0,065	0,041	0,042	0,067	0,016	0,022	0,024	0,020	0,027
PNRP (mg L ⁻¹)	0,067	0,043	0,217	0,054	0,017	0,037	0,059	0,015	0,000	0,017	0,020	0,027
OPP (mg L ⁻¹)	0,003	0,016	0,009	0,011	0,024	0,004	0,008	0,001	0,021	0,008	0,000	0,000
OPT (mg L ⁻¹)	0,028	0,027	0,020	0,023	0,043	0,049	0,024	0,017	0,048	0,023	0,029	0,030
Ponto 3												
PPT (mg L ⁻¹)	0,022	0,016	0,017	0,018	0,017	0,030	0,018	0,128	0,020	0,083	0,069	0,092
PNRP (mg L ⁻¹)	0,020	0,011	0,005	0,002	0,017	0,024	0,010	0,124	0,020	0,065	0,057	0,080
OP (mg L ⁻¹)	0,002	0,005	0,012	0,016	0,000	0,005	0,008	0,004	0,000	0,019	0,012	0,011
OPT (mg L ⁻¹)	0,030	0,020	0,026	0,029	0,023	0,053	0,022	0,013	0,008	0,059	0,035	0,036
Ponto 4												
PPT (mg L ⁻¹)	0,050	0,038	0,026	0,041	0,018	0,006	0,043	0,027	0,039	0,004	0,003	0,004
PNRP (mg L ⁻¹)	0,028	0,017	0,012	0,027	0,016	0,004	0,033	0,025	0,036	0,004	0,003	0,003
OPP (mg L ⁻¹)	0,022	0,021	0,013	0,014	0,002	0,001	0,009	0,002	0,003	0,000	0,000	0,001
OPT (mg L ⁻¹)	0,042	0,033	0,024	0,027	0,026	0,052	0,025	0,005	0,028	0,021	0,023	0,025
Ponto 5												
PPT (mg L ⁻¹)	0,050	0,038	0,121	0,041	0,018	0,033	0,043	0,042	0,102	0,040	0,033	0,044
PNRP (mg L ⁻¹)	0,034	0,035	0,063	0,039	0,005	0,012	0,026	0,008	0,094	0,040	0,021	0,032
OPP (mg L ⁻¹)	0,016	0,002	0,058	0,002	0,013	0,021	0,016	0,033	0,007	0,000	0,012	0,011
OPT (mg L ⁻¹)	0,046	0,008	0,067	0,013	0,051	0,098	0,040	0,049	0,024	0,059	0,035	0,036
Ponto 6												
PPT (mg L ⁻¹)	0,014	0,040	0,043	0,011	0,012	0,098	0,011	0,043	0,031	0,040	0,033	0,044
PNRP (mg L ⁻¹)	0,001	0,037	0,025	0,007	0,011	0,057	0,011	0,023	0,027	0,040	0,027	0,038
OP (mg L ⁻¹)	0,013	0,003	0,018	0,005	0,001	0,042	0,000	0,021	0,004	0,000	0,006	0,006
OPT (mg L ⁻¹)	0,045	0,016	0,038	0,020	0,038	0,119	0,015	0,039	0,029	0,046	0,041	0,041
Ponto 7												
PPT (mg L ⁻¹)	0,057	0,063	0,015	0,069	0,047	0,042	0,071	0,019	0,065	0,039	0,032	0,042
PNRP (mg L ⁻¹)	0,037	0,021	0,011	0,047	0,036	0,018	0,063	0,015	0,056	0,014	0,020	0,031
OPP (mg L ⁻¹)	0,020	0,042	0,004	0,022	0,010	0,024	0,008	0,004	0,009	0,025	0,012	0,011
OPT (mg L ⁻¹)	0,045	0,050	0,013	0,031	0,046	0,101	0,022	0,012	0,018	0,040	0,035	0,036
Ponto 8												
PPT (mg L ⁻¹)	0,050	0,006	0,413	0,025	0,010	0,036	0,010	0,022	0,057	0,091	0,075	0,100
PNRP (mg L ⁻¹)	0,029	0,006	0,410	0,016	0,000	0,015	0,008	0,018	0,046	0,090	0,058	0,083
OPP (mg L ⁻¹)	0,021	0,000	0,003	0,009	0,010	0,021	0,002	0,004	0,011	0,002	0,018	0,017
OPT (mg L ⁻¹)	0,045	0,027	0,020	0,023	0,048	0,104	0,018	0,015	0,020	0,048	0,041	0,041

*concentração de P na forma de fosfato.

P5, P6 e P7. Entretanto, a represa P8 destaca-se no mês de março com $0,413 \text{ mg P O}_4^{-3} \text{ L}^{-1}$, sendo este o maior valor de PPT (Tabela 4). O PPT corresponde ao P ligado às partículas orgânicas e inorgânicas, com diâmetro $> 0,45 \mu\text{m}$. Do P particulado, a maior parte encontra-se no PNRP ($0,410 \text{ mg PO}_4^{-3} \text{ L}^{-1}$). O PNRP é a fração do PPT não disponível, ligado às partículas orgânicas ou inorgânicas. Esses resultados sugerem provável perda de solo ocorrida na área do P8 durante o mês de março. Os resultados para a fração OPP foram baixos. Essa fração corresponde a formas de P que estão na fração do PPT, mas que são facilmente disponíveis. Para a fração OPT, que abrange a forma mais imediatamente biodisponível (OPS) e também eventuais ortofosfatos particulados presentes, os resultados foram muito semelhantes aos encontrados para a fração OPS.

No caso das represas estudadas, mesmo com os valores de OPS quantificados tendo sido baixos e dentro dos limites aceitáveis pela legislação, as formas particuladas apresentaram-se em teores elevados e possivelmente podem ser liberadas para o ambiente aquático, passando para a forma solúvel, a depender das condições ambientais. Entretanto, o P pode permanecer na forma particulada, ocorrendo precipitação ou sedimentação no fundo do corpo d'água.

Como a legislação proposta pelo CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005) não especifica que tipo de "P-total" deve ser analisado, sugere-se que seja o OPS. Essa fração representa um bom parâmetro para avaliação dos níveis de P em água devido à sua imediata biodisponibilidade. Alternativamente, o PST também pode ser utilizado para fins legislativos, pois representa um somatório das formas de P mais facilmente disponíveis.

CONCLUSÕES

Os teores encontrados de OPS para os corpos d'água sempre estiveram abaixo do permitido pela Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005). No entanto, outras frações de P apresentaram teores elevados, refletindo as precipitações pluviométricas e as condições do solo. Esses teores mais elevados têm caráter momentâneo e, no geral, estes corpos d'água podem ser considerados de excelente qualidade quanto à presença de P. O manejo do solo dentro do Campus da UFLA e o tratamento aplicado a efluentes e águas residuárias de granjas e estábulos aparentam ser, de modo geral, adequados, não oferecendo graves riscos de eutrofização aos cursos d'água que cortam o campus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 17. ed. Washington, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas: 1961-1990**. Brasília, DF: SPI/Embrapa, 1992. 84 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIOAMBIENTE. **Resolução n. 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.
- GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceitos para avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625 p.
- LANDA, G. G. **Composição do zooplâncton em quatro represas no Campus da Universidade Federal de Lavras: um subsídio à piscicultura**. 1999. 227 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- MACHADO, M. J. C.; FERREIRA, M. A. A. **Números ou resultados analíticos: qual a fronteira**. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 1997. Tomo 39. Disponível em: <<http://www.igm.pt/edicoesonline/estudos/tomo39/artigo8.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2005.
- MAHER, W.; WOO, L. Procedures for the storage and digestion of natural waters for the determination of filterable reactive phosphorus, total filterable phosphorus and total phosphorus. **Analytica Chimica Acta**, [S.l.], v. 375, p. 5-47, 1998.
- OMETO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1981. 425 p.
- SALAS, H. J.; MARTINO, P. A simplified phosphorus trophic state model for warm-Water tropical lakes. **Water Research**, [S.l.], v. 25, n. 3, p. 341-350, 1991.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RIMA, 2003. 138 p.

SILVA, M. S. **Erosividade, erodibilidade e perdas por erosão em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural**. 2003. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

TALAMONI, J. L. B. **Estudo comparativo das comunidades planctônicas de lagoas de diferentes graus de trofia e uma**

análise do efeito de *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) sobre algumas espécies de microcrustáceos. 1995. 300 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2. ed. São Carlos: RIMA, 2003. 247 p.