

ALTERAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO RESERVATÓRIO DO MONJOLINHO (*CAMPUS DA UFSCAR*)

Mariana Gonzaga dos Santos¹, Marcela Bianchessi da Cunha-Santino^{1,2*} & Irineu Bianchini Júnior^{1,2}

¹Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Rodovia Washington Luiz, Km 235. Caixa Postal: 676. CEP: 13565-905. São Carlos, SP, Brasil.

²Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Hidrobiologia. Rodovia Washington Luiz, Km 235. Caixa Postal: 676. CEP:13565-905. São Carlos, SP, Brasil.

E-mails: mari.gonzagasantos@gmail.com, cunha_santino@ufscar.br, irineu@ufscar.br

RESUMO

Este estudo descreve alterações de variáveis limnológicas (material em suspensão, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, DBO₅, pH, carbono orgânico e inorgânico, condutividade, nitrogênio orgânico total, nitrato, nitrito, amônio e fósforo total e dissolvido) do reservatório do Monjolinho e de seus trechos de rio dentro do *campus* da UFSCar. As coletas de água foram superficiais e realizadas quinzenalmente em três pontos. Observou-se uma variação temporal principalmente devido à precipitação para as variáveis: material em suspensão, turbidez, temperatura, carbono orgânico e inorgânico, concentrações de nitrato, amônio, nitrogênio orgânico total e fósforo total e dissolvido. As variáveis oxigênio dissolvido, pH e nitrito apresentaram diferenças no padrão espacial entre os trechos de rio, enquanto que, para a DBO, foram verificadas diferenças entre o reservatório e o trecho de rio a montante. As análises físicas e químicas mostraram que, nos pontos selecionados, as águas apresentam suas variáveis com valores em conformidade com a legislação, embora o índice de estado trófico aponte o trecho do sistema estudado como eutrófico, de acordo com as concentrações de fósforo total. Além disso, outros estudos mostram uma evidente degradação ambiental em direção a foz, atribuída a interferências antrópicas.

Palavras-chave: Variação temporal e espacial; inventário limnológico; rio do Monjolinho; *campus* da UFSCar.

ABSTRACT

TEMPORAL AND SPATIAL CHANGES OF LIMNOLOGICAL VARIABLES FROM MONJOLINHO RESERVOIR (UFSCAR *CAMPUS*). This study described changes of limnological variables (suspended material, turbidity, temperature, dissolved oxygen, BOD₅, pH, organic and inorganic carbon, electrical conductivity, total organic nitrogen, nitrate, nitrite, ammonium and total and dissolved phosphorous) of Monjolinho Reservoir and Monjolinho River, both located inside the UFSCar *campus*. Water was collected superficially (each two weeks) in three sampling station. We observed a temporal variation, mainly due to the rain, for the variables: suspended material, turbidity, temperature, inorganic and organic carbon, nitrate, ammonium and total organic nitrogen as well as total and dissolved phosphorous. Dissolved oxygen, pH and nitrite showed differences in the spatial pattern between the two studied river sites. The BOD values were different between the upstream river and the reservoir sites. In the sampling sites, water physical and chemical variables showed values in conformity with the legislation, although, based on phosphorus total concentrations, a trophic status index classifies the studied system as eutrophic. Besides, others studies showed an environmental degradation towards the river mouth, due to anthropogenic cause.

Keywords: Temporal and spatial variations; limnological survey; Monjolinho River; UFSCar *campus*.

RESUMEN

CAMBIOS TEMPORALES Y ESPACIALES DE VARIABLES LIMNOLÓGICAS DE RESERVORIO MONJOLINHO (UFSCAR CAMPUS). En este estudio se describen los cambios de las variables limnológicas (material en suspensión, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, DBO₅, pH, carbono orgánico e inorgánico, conductividad eléctrica, nitrógeno orgánico total, nitrato, nitrito, amonio y fósforo total y disuelto) de reservorio Monjolinho y del río Monjolinho, ambas ubicadas en el interior del campus UFSCar. El agua fue recolectada superficialmente (cada dos semanas) en la estación de muestreo durante tres estaciones de muestreo. Se observó una variación temporal, principalmente durante la temporada de lluvia, para las variables: material en suspensión, turbidez, temperatura, carbono orgánico e inorgánico, nitrato, amonio y nitrógeno orgánico total, así como el fósforo total y disuelto. Oxígeno disuelto, pH y nitritos mostraron diferencias en el patrón espacial entre los dos sitios del río estudiado. Los valores de DBO fueron diferentes entre el río aguas arriba y los sitios de depósito. En los sitios de muestreo, las variables físicas y químicas del agua mostraron valores de conformidad con la legislación, aunque, en base a las concentraciones de fósforo total, un índice de estado trófico del sistema estudiado clasifica como eutróficos. Además, otros estudios mostraron una degradación del medio ambiente hacia la desembocadura del río, debido a causas antropogénicas.

Palabras clave: Variaciones temporales y espaciales; el estudio limnológico; Monjolinho River; campus UFSCar.

INTRODUÇÃO

A deterioração da qualidade da água deve-se, frequentemente, às atividades antrópicas que ocorrem nas adjacências dos corpos d'água; tais atividades geram resíduos que acarretam diferentes tipos de poluição (difusa e pontual) e conseqüentemente, alterações na estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos (Rebouças 1999). Desse modo, as características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água refletem o uso e a ocupação das bacias hidrográficas (Rocha *et al.* 2000).

As alterações na qualidade da água de um corpo d'água são adequadamente diagnosticadas através de monitoramentos limnológicos, que consistem em determinar periodicamente as características físicas, químicas e biológicas de um recurso hídrico, tendo em vista caracterizar esse recurso frente aos distintos usos e identificar as causas de eventuais degradações. As variáveis físicas que determinam as características da água são: cor, turbidez, sabor, odor e temperatura, enquanto que as características químicas são determinadas pela presença de substâncias (orgânicas ou inorgânicas) provenientes das áreas adjacentes, por onde a água passou ou mesmo recebeu alguma contribuição (e.g. tributários, galerias de águas pluviais).

A sub-bacia hidrográfica do rio do Monjolinho integra-se na bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçú, drenando grande parte do município de

São Carlos (SP) e abrange uma área de 275km² (Espíndola 2000, Sé 1992). Essa sub-bacia é principalmente ocupada por áreas rurais (215km²), com predominância de plantações de cana-de-açúcar e de pastagens, principalmente nos trechos iniciais do rio do Monjolinho (Salami 1996). Em adição, a bacia apresenta como característica importante o desenvolvimento do núcleo urbano de São Carlos e os impactos advindos de suas atividades (Sé 1992).

O reservatório formado pelo represamento do rio do Monjolinho é caracterizado como um ambiente eutrófico, localizado em uma área urbanizada no *campus* da Universidade Federal de São Carlos. Em função da pequena dimensão e profundidade, baixo tempo de residência, precipitação e vento, o reservatório do Monjolinho é muito instável e turbulento, afetando as comunidades de fito e zooplâncton (Nogueira & Matsumura-Tundisi 1996). A elevada instabilidade promove a ressuspensão dos sedimentos e conseqüentemente, os aumentos das concentrações de nutrientes na coluna d'água, favorecendo a ocorrência de florações de fitoplâncton no final da estação seca (Regali-Selegim 2004).

Normalmente, os represamentos provocam alterações nas características físicas, químicas e biológicas das águas dos rios tributários. Associam-se as principais mudanças: i) a redução da velocidade das correntezas; ii) as flutuações nos níveis de água; iii) as inundações de áreas adjacentes; iv) a redução da cobertura vegetal e v) a possibilidade de

aumento da contaminação do sistema em função de atividades antrópicas, tais como: a poluição orgânica, a eutrofização acelerada e alteração da biodiversidade (Tundisi 1993).

A preservação dos ecossistemas aquáticos é fundamental para garantir a sustentabilidade dos recursos naturais utilizados pelo homem. Dessa forma, a avaliação ambiental é indispensável nas análises do grau de degradação desses ecossistemas, aliado ao fato de que esses estudos podem auxiliar na elaboração de estratégias de manejo e conservação dessas áreas naturais (Fusari 2006). Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar e discutir temporalmente e espacialmente algumas variáveis físicas e químicas da água do rio do Monjolinho, contribuindo para a caracterização limnológica atual do reservatório do Monjolinho (São Carlos - SP) e de seus trechos a jusante e a montante.

MATERIAIS E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O rio do Monjolinho está localizado em uma região subtropical e apresenta uma extensão de aproximadamente 43,25km (Sé 1992). A montante do reservatório, o rio do Monjolinho percorre um trecho de aproximadamente 500m dentro do *campus* da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) desprovido de vegetação ripária, com largura máxima de 1,8m e profundidade máxima de 0,80m (Siqueira & Trivinho-Strixino 2005).

O reservatório do Monjolinho possui uma área de 4,69ha, volume de 73.251m³, profundidade média de 1,5m e máxima de 3,0m (Correia 2004, Regali-Selegim 2001). De acordo com Köppen (1931), a região é classificada como Cwa, apresentando duas estações climáticas contrastantes durante o ano (Figura 1), inverno seco (abril - setembro) e uma estação quente e chuvosa (outubro - março). Dependendo da estação do ano o tempo de residência do reservatório varia de 2,1 a 22,9dias (Nogueira & Matsumura-Tundisi 1994).

AMOSTRAGENS DE ÁGUA SUPERFICIAL

As amostras de água foram coletadas em intervalos quinzenais, em três pontos: Ponto 1 (P1: Z_{máx} = 0,8m;

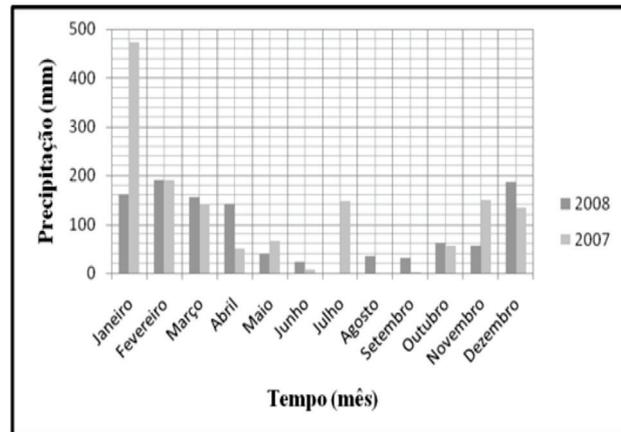


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) obtida em estação meteorológica (21° 57' 42" S e 47° 50' 28" O; 860m) no período de janeiro/07 a dezembro/08. Fonte: http://www.cppse.embrapa.br/servicos/dados-meteorologicos/tmp_lista_dados.

Figure 1. Rainfall (mm) obtained from the meteorological station (21° 57' 42" S and 47° 50' 28" W; 860m) between January/07 to December/08. Source: http://www.cppse.embrapa.br/servicos/dados-meteorologicos/tmp_lista_dados.

Z_{ds} = 0,8m) localizado a montante do reservatório do Monjolinho (23S 202.259 UTM 7.662.44), depois do Parque Ecológico Municipal A. T. Vianna e do córrego do Espriado; Ponto 2 (P2: Z_{máx} = 2,30m; Z_{ds} = 1,05m) localizado a montante da barragem do reservatório (23S 202.402 UTM 7.565.926) e Ponto 3 (P3: Z_{máx} = 0,1m; Z_{ds} = 0,1m) a jusante do reservatório (23S 202.803 UTM 7.565.933).

As amostras de água superficiais foram caracterizadas de acordo com as seguintes variáveis: temperatura, pH, carbono orgânico (CO) e inorgânico (CI) dissolvidos totais, condutividade elétrica (CE), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), fosfato total (particulado e dissolvido), nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺), nitrato (N-NO₃⁻), nitrito (N-NO₂⁻), nitrogênio orgânico total (N-Org), oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais (ST) e turbidez. *In situ* foram realizadas determinações da temperatura da água (com termômetro de mercúrio) e as fixações do oxigênio dissolvido, que posteriormente foram determinados pelo método de Winkler. Para as demais determinações, as amostras de água foram coletadas e preservadas (por congelamento) para posterior análise em laboratório. Os compostos nitrogenados inorgânicos (N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N-NO₂⁻) foram quantificados por métodos colorimétricos (N-NH₄⁺: Koroleff 1976; N-NO₃⁻ e N-NO₂⁻: Mackereth *et al.* 1978) e os orgânicos por titrimetria (N-Kjeldahl: Allen *et al.* 1974). As concentrações de fosfato total foram determinadas por colorimetria (Mackereth

et al. 1978). A DBO_5 e as concentrações de sólidos (totais, não filtráveis e dissolvidos totais) foram obtidas segundo APHA; AWWA e WPCF (1998). As concentrações de carbono inorgânico e orgânico foram quantificadas com analisador específico (Shimadzu, modelo TOC Analyser - 5000A).

Em função do local, os valores das variáveis foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (KW) e de comparação múltipla de Dunn, para avaliar as diferenças entre pontos, sendo adotado um nível de significância alfa de 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características dos sistemas aquáticos são determinadas espacialmente e temporalmente pelas condições climáticas, geomorfológicas e geoquímicas prevalentes na bacia de drenagem, bem como por intervenções antrópicas, como o desmatamento de áreas adjacentes aos corpos d'água (Salati & Lemos 2002). O desmatamento excessivo na bacia hidrográfica provoca perdas da estabilidade proporcionada pelas raízes das plantas, da matéria orgânica no solo e da cobertura vegetal, bem como a lixiviação dos nutrientes, o que resulta em aumento do material em suspensão no corpo d'água em períodos chuvosos (Sé 1992).

As concentrações de material em suspensão nos três pontos foram similares ($p > 0,05$), com médias ($\pm DP$) no período estudado (agosto/2007 a agosto/2008) de $P1 = 48,5 \pm 6,40 \text{mgL}^{-1}$, $P2 = 48,8 \pm 10,30 \text{mgL}^{-1}$ e $P3 = 50,60 \pm 8,90 \text{mgL}^{-1}$ (Figura 2). A maior concentração foi verificada em P2 ($70,00 \text{mgL}^{-1}$) em outubro/2007 e a menor também em P2, no mês de maio/2008 ($37,00 \text{mgL}^{-1}$).

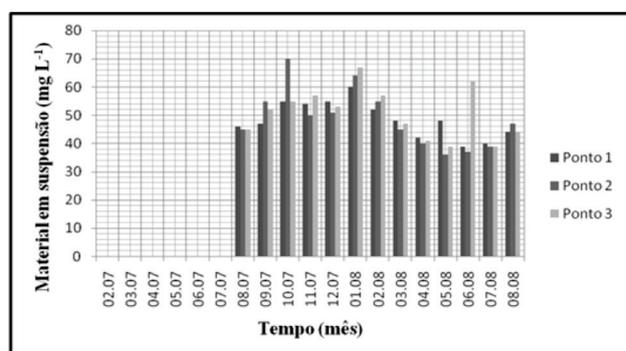


Figura 2. Concentrações de material em suspensão (mgL^{-1}) registrados no período de agosto/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 2. Concentrations of suspended solids (mgL^{-1}) recorded during August/07 to August/08 in the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

As maiores concentrações de material em suspensão, verificadas a partir de setembro/2007 a fevereiro/2008, provavelmente estiveram relacionadas às ocorrências de chuvas no período; pelo aporte de material (particulado e coloidal) proveniente do escoamento superficial da bacia de drenagem e tributários do rio do Monjolinho. Esse mesmo padrão, com maiores quantidades de material em suspensão total na água no período chuvoso foi verificado por Nogueira (1990). A concentração de sólidos nos sistemas aquáticos está intimamente relacionada; i) à precipitação que tem como conseqüências a erosão e o incremento do escoamento superficial; ii) à pedologia da área; iii) à tipologia da vegetação; iv) a presença de trechos de corredeiras e v) as causas antrópicas (Barreto 1999, Salami 1996). Como conseqüência do incremento de material em suspensão nos corpos d'água pode-se citar a limitação da penetração de energia luminosa, que dependendo da quantidade, pode interferir no balanço de oxigênio dissolvido, devido à diminuição dos processos fotossintéticos (Salami 1996). Dependendo da composição, o material em suspensão aduzido pode alterar a disponibilidade de elementos no meio pela dissolução, complexação e adsorção. Segundo a CONAMA 357/05, o valor limite para resíduos dissolvidos totais é de no máximo 500mgL^{-1} para as Classes 1 e 2, e portanto, os pontos estudados apresentaram valores abaixo desse limite.

A presença de sólidos em suspensão (em média) no corpo d'água (partículas inorgânicas e detritos orgânicos) apresentou correlação positiva com a turbidez nos pontos P1, P2 e P3 ($r = 0,71$). A turbidez da água consiste no grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (CETESB, 2007). No período referente a esse inventário (fevereiro/2007 a agosto/2008) as médias ($\pm DP$) dos valores de turbidez foram: $P1 = 8,22 \pm 7,32 \text{UNT}$; $P2 = 11,92 \pm 10,65 \text{UNT}$ e $P3 = 12,15 \pm 10,79 \text{UNT}$ (Figura 3), não havendo diferenças significativas entre os três pontos ($p > 0,05$). No final do verão os P2 e P3 apresentaram valores máximos ($43,2 \text{UNT}$ e $43,3 \text{UNT}$, respectivamente). Observou-se um padrão sazonal, com baixos valores de fevereiro a agosto/2007. A partir de setembro foi verificado um incremento gradual na turbidez até fevereiro/2008, quando as concentrações tenderam a diminuir novamente.

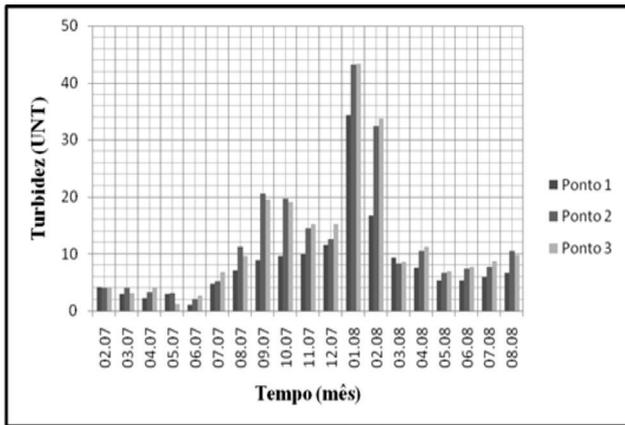


Figura 3. Valores de turbidez (UNT) registrados no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 3. Turbidity (NTU) recorded during February/07 to August/08 in the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

De acordo com Barreto (1999), uma possível causa para o aumento na turbidez é o revolvimento dos sedimentos de fundo e o carreamento de material alóctone para o corpo d'água, em geral, em épocas de precipitações. No final do verão, P2 e P3 apresentaram valores máximos de turbidez provavelmente devido as chuvas nesse período (161,2mm em janeiro). A jusante do P3, o valor de turbidez encontrado por Campagna (2005) foi 10UNT no mês de outubro, valor 2 vezes menor em relação ao verificado no P3 nesse mesmo mês (19,15UNT). Segundo Chapman & Kimstach (1992), em períodos de estiagem é possível também a ocorrência de turbidez elevada; nesse caso, frequentemente em função da intervenção antrópica (por exemplo, despejos de esgotos), quando o aumento dos níveis de turbidez decorre da poluição de corpos d'água com incrementos nas concentrações de matéria orgânica. A esse respeito, no caso do trecho selecionado do rio do Monjolinho, foram observados incrementos pouco significativos nos valores de turbidez, mas que excedem os valores preconizados pela legislação CONAMA 357/05 (valor máximo para corpos d'água Classe 1 = 40UNT).

A temperatura é um fator importante na medida em que esta variável atua direta e indiretamente nas propriedades físicas e nos processos químicos da coluna d'água (Esteves 1995). A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia e profundidade. A variação horária ocorrida entre o intervalo da primeira e última estação de amostragem pode explicar o registro de pequenas diferenças

na temperatura da água entre os pontos amostrais. As variações da temperatura das águas do rio do Monjolinho e do reservatório caracterizam a tendência sazonal de ambientes mais quentes durante o verão e mais frios no inverno. Em geral, as temperaturas dos sistemas lânticos são mais elevadas devido à menor turbulência em relação aos trechos de águas mais correntes, implicando num maior armazenamento de calor e menor troca com a atmosfera (Sé 1992).

Os menores valores de temperatura foram registrados nos meses de junho e julho de 2007 e de maio a julho de 2008 (Figura 4). Especialmente não houve diferença entre os pontos ($p > 0,05$), as médias (\pm DP) foram: P1 = $18,93 \pm 3,61^{\circ}\text{C}$; P2 = $20,55 \pm 3,30^{\circ}\text{C}$ e P3 = $20,13 \pm 3,29^{\circ}\text{C}$. Observou-se variação temporal da temperatura, porém, essa tendência não foi observada espacialmente.

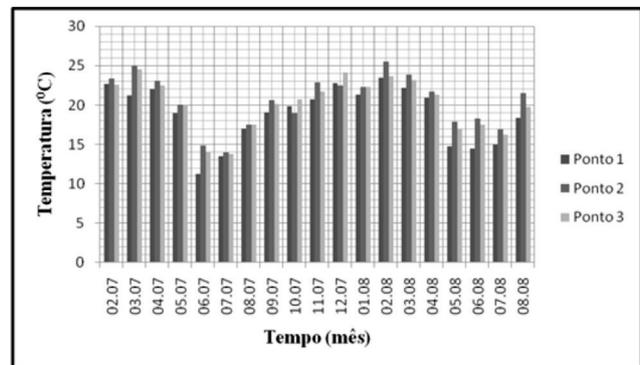


Figura 4. Valores de temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) registrados no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 4. Values of water temperature ($^{\circ}\text{C}$) recorded during February/07 to August/08 in the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

A montante de P1 após a nascente, Salami (1996) verificou um valor médio de $18,0^{\circ}\text{C}$ durante a seca e de $21,8^{\circ}\text{C}$ no período chuvoso. Nos trechos do rio do Monjolinho não houve tendência a maiores temperaturas em P1 (mais exposto à radiação solar direta pela ausência de vegetação ripária) do que P3 que está localizado a montante da barragem do reservatório com trechos de vegetação ripária em seu entorno. Salami (1996) sugere que, devido ao tempo pequeno de residência e a elevada velocidade de escoamento das águas, este efeito pode não ser observado. Não há na legislação valor de referência para essa variável; contudo, há índices (ex. IQA) que consideram a variação de temperatura em um determinado ponto (ex. efluentes de sistema de resfriamento), em função da temperatura das águas em local não susceptível a interferências.

A temperatura e a pressão parcial do oxigênio na água atuam diretamente na solubilidade do oxigênio (Allan 1995). A concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos sistemas aquáticos depende de fatores físicos, químicos e biológicos, como a fotossíntese e a respiração associada à oxidação bioquímica da matéria orgânica por microrganismos (Esteves 1995).

As águas do rio do Monjolinho, no trecho selecionado, apresentaram concentrações médias de oxigênio que variaram de $5,45\text{mgL}^{-1}$ (P2) em janeiro a $8,36\text{mgL}^{-1}$ (P3) em junho/08 (Figura 5). As médias do OD (\pm DP) foram: P1 = $6,21 \pm 0,68\text{mgL}^{-1}$; P2 = $6,86 \pm 0,76\text{mgL}^{-1}$ e P3 = $7,15 \pm 0,63\text{mgL}^{-1}$. A análise de KW indicou que as concentrações de OD em P1 foram diferentes de P2 ($p < 0,05$) e de P3 ($p < 0,001$). As concentrações mais elevadas de OD ocorreram nos meses mais frios (junho e julho/07 e julho e agosto/08).

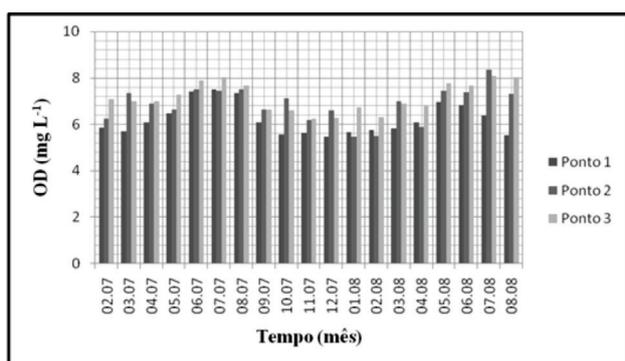


Figura 5. Concentrações de oxigênio dissolvido (mgL^{-1}) registrados no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 5. Concentrations of dissolved oxygen (mgL^{-1}) recorded during February/07 to August/08 in the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

As concentrações de OD em P1 foram diferentes de P2 e de P3; de fato, P1 foi o ponto em que foram registradas menores concentrações de OD no período. Os maiores valores de OD verificados em P3 podem ser explicados pela oxigenação das águas que são liberadas do reservatório através de vertedouro situado em região superficial da barragem. O mesmo não foi observado por Okano (1994) que registrou valores menos elevados nesse local comparados aos encontrados na região litorânea da represa. Por se tratar de um sistema lêntico, as concentrações de OD no reservatório (P2) provavelmente refletiram as demandas geradas pela oxidação da matéria

orgânica e as aduções promovidas pela fotossíntese; as concentrações mais baixas verificadas no rio do Monjolinho a montante do reservatório (P1) possivelmente refiram-se ao menor predomínio dos processos de aeração (devido à turbulência das águas) sobre os de oxidação da matéria orgânica aduzida de eventuais fontes difusas.

A amplitude de variação das concentrações de OD no reservatório (P2) foi menor que as obtidas em estudos pretéritos: de $3,31$ a $9,05\text{mgL}^{-1}$ (Nogueira 1990); de $3,25$ a $10,45\text{mgL}^{-1}$ (Okano 1994) e de $1,00$ a $5,23\text{mgL}^{-1}$ (Pamplim 1995). O reservatório mostrou-se relativamente bem oxigenado (acima de 5mgL^{-1}) durante o período estudado, sendo o baixo tempo de permanência da água no sistema um dos possíveis fatores que podem ter contribuído para isso.

As concentrações mais elevadas de OD ocorreram nos meses mais frios, demonstrando a correlação negativa entre essa variável e a temperatura ($r = 0,55$) e, portanto a influência desta na solubilidade do oxigênio. No reservatório (P2), as concentrações de oxigênio dissolvido foram maiores durante os períodos de seca (junho a agosto/07 e maio a agosto/08). Esse ambiente, por apresentar características lênticas, admite maior atividade fotossintética em relação aos P1 e P3, incrementando assim as concentrações de OD. Entretanto, a concentração encontrada nesse estudo foi ca. 2 vezes maior (julho/2008) que a obtida em média por Fusari (2006) nesse mesmo local na época de estiagem. Concentrações elevadas de oxigênio podem estar relacionadas à turbulência, as taxas elevadas de fotossíntese e baixa demanda por OD pela comunidade aquática heterotrófica. Valores elevados sugerem, também, pouca influência de efluentes, uma vez que acentuadas quantidades de matéria orgânica e de nutrientes aumentam a atividade bacteriana e conseqüentemente o consumo do OD disponível (Chapman & Kimstach 1992, Von Sperling 1996). Nos pontos selecionados não foram verificados valores médios abaixo do estabelecido pela legislação CONAMA 357/05 (limite mínimo igual a 5mgL^{-1} para corpos de água Classe 2).

Em geral a DBO está associada às concentrações de N e P dos sistemas lênticos e lóticos. A temperatura, a turbulência, a comunidade biológica envolvida no processo e a concentração de matéria orgânica podem influenciar nessa demanda (Barreto, 1999). A DBO₅ apresentou médias (\pm DP) de $1,79$

$\pm 0,81\text{mgL}^{-1}$ (P1); $3,54 \pm 0,91\text{mgL}^{-1}$ (P2) e $2,77 \pm 0,93\text{mgL}^{-1}$ (P3). O P1 apresentou concentrações de DBO_5 significativamente diferentes de P2 ($p < 0,01$). Os maiores valores dessa variável ocorreram no reservatório (P2), sendo a maior demanda verificada no mês de agosto/08 ($5,41\text{mgL}^{-1}$; Figura 6). O P1 apresentou concentrações de DBO_5 significativamente diferente de P2, indicando uma distinção metabólica entre os sistemas lóticos e lânticos. Os maiores valores dessa variável ocorreram no reservatório (P2), indicando uma semelhança com o estudo de Nogueira (1990) nesse reservatório, cujos valores elevados de DBO coincidiram com picos de abundância máxima de fitoplâncton.

Nas coletas de outubro a dezembro/07 observou-se grande turbulência das águas na região da barragem do reservatório causada por fortes ventos, este fato pode ter relação com as concentrações elevadas de DBO_5 obtidos nesses meses, devido, por exemplo, a ressuspensão de sedimentos.

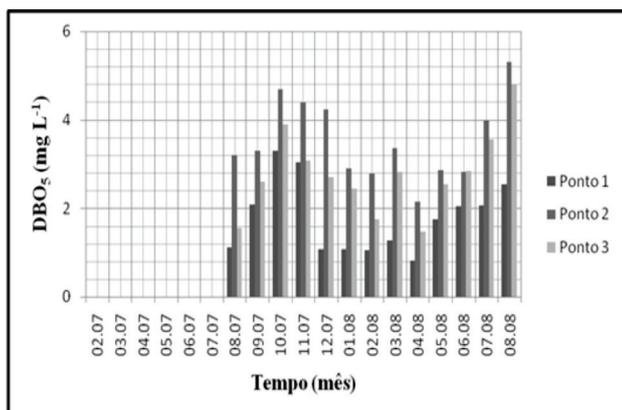


Figura 6. Valores de DBO_5 (mgL^{-1}) registrados no período de agosto/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 6. BOD_5 values (mgL^{-1}) recorded during August/07 to August/08 in the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

Em agosto e setembro/07, o índice pluviométrico foi nulo (0,0mm), gerando baixas quantidades de compostos particulados e dissolvidos e, conseqüentemente, baixas DBO_5 em P1 e P3, ao contrário do registrado nos meses de janeiro a abril/08, em que o índice pluviométrico foi elevado e as concentrações de DBO baixas, sugerindo o baixo aporte de matéria orgânica no sistema em relação a capacidade de diluição. As concentrações mais elevadas de DBO em P2 relacionam-se provavelmente

as características hidráulicas do reservatório; por ser uma região lântica, suas águas comportam uma maior concentração de biomassa algal. Assim, essa comunidade pode ter subsidiado o aporte de matéria orgânica lábil às amostras de água, incrementando assim os valores. Esse mesmo processo pode explicar os valores elevados registrados nos meses de julho e agosto/08, já que as chuvas foram escassas nesse período. De acordo com a CONAMA 357/05, o limite máximo de DBO_5 é 5mgL^{-1} (Classe 2), indicando que, em média, as amostras coletadas em P1, P2 e P3 se enquadram nessa classe.

O pH influencia diretamente os ecossistemas aquáticos naturais através de seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Sob determinadas condições de pH pode ocorrer a precipitação ou dissolução de compostos ou elementos tóxicos, tais como os metais (CETESB, 2007). Segundo Hynes (1970), a variação do pH ocorre em função do conteúdo de ácido carbônico, bicarbonatos, carbonatos e ácidos fortemente dissociáveis. Neste estudo foi verificada uma correlação negativa entre esta variável e as concentrações de carbono inorgânico ($r = 0,59$) em todos os pontos estudados. Os pontos selecionados apresentaram águas predominantemente ácidas, embora, em certas ocasiões, águas neutras, sendo no P3 observado o maior valor de pH. Os valores médios de pH (\pm DP) foram: $6,49 \pm 0,35$ (P1); $6,67 \pm 0,34$ (P2) e $6,73 \pm 0,35$ (P3; Figura 7), não havendo diferença espacial entre os valores ($p > 0,05$). O valor máximo desta variável foi registrado em P3 no mês de julho/07 (7,47) e o menor em P1 (6,01) em janeiro/08.

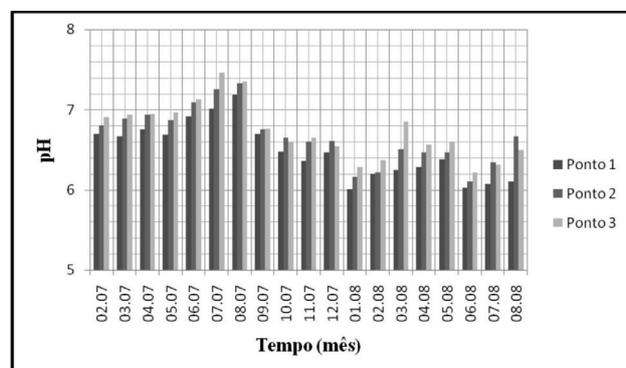


Figura 7. Valores de pH registrados no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 7. pH values recorded during the February/07 to August/08 in the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

A amplitude de variação do pH no reservatório (P2) foi menor que as registradas em inventários anteriores: de 5,50 a 7,60mgL⁻¹ (Nogueira 1990); de 6,30 a 8,30mgL⁻¹ (Okano 1994) e de 5,08 a 6,81mgL⁻¹ (Pamplim 1995). As águas do reservatório e dos trechos do rio mostraram tendência à acidez em ambos os períodos de coleta (chuvoso e estiagem). Durante o período de seca, na região da nascente do rio do Monjolinho (a montante de P1) foi registrado, por Campagna (2005), um valor (médio) baixo de pH (5,47); supõe-se que a acidez das águas da nascente deve-se à decomposição da matéria orgânica proveniente da vegetação do entorno que torna o meio ácido pela liberação do gás carbônico (Salami 1996) ou pelo afloramento de água em solos ácidos.

As restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais de acordo com a CONAMA (357/05). Os critérios de manutenção da vida aquática fixam o pH entre 6 e 9, e portanto os valores registrados estão adequados à legislação federal.

Nos ecossistemas aquáticos, a maior parte do carbono encontra-se na forma inorgânica, em equilíbrio com os produtos do ácido carbônico. Apenas pequena parcela ocorre na forma orgânica e uma menor fração, como constituinte da biota (Wetzel 1983). As concentrações médias (\pm DP) de carbono orgânico e inorgânico no período de fevereiro/07 a agosto/08 foram respectivamente: $1,95 \pm 1,04\text{mgL}^{-1}$ e $2,47 \pm 1,24\text{mgL}^{-1}$ (P1); $2,37 \pm 1,06\text{mgL}^{-1}$ e $4,58 \pm 1,26\text{mgL}^{-1}$ (P2); e $4,10 \pm 1,03\text{mgL}^{-1}$ e $4,20 \pm 1,01\text{mgL}^{-1}$ (P3). Com base nesses resultados, constatou-se que não houve diferenças espaciais nas concentrações de CO e CI entre os trechos de rio estudados e o reservatório ($p > 0,05$). O valor máximo de carbono orgânico foi verificado em outubro de 2007 ($6,53\text{mgL}^{-1}$ no reservatório; Figura 8), os maiores valores de concentração ocorreram no período chuvoso bem como os valores de carbono inorgânico (Figura 9).

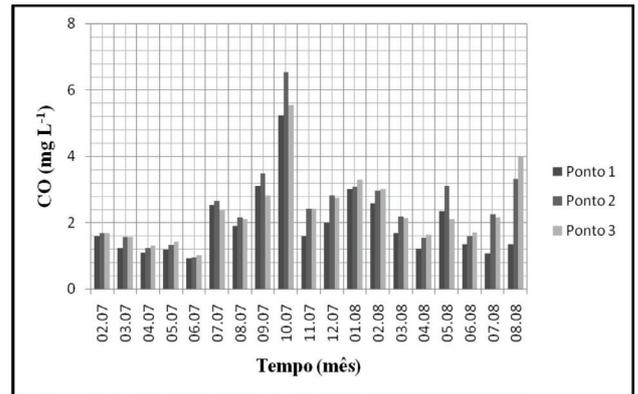


Figura 8. Concentrações de carbono orgânico (mgL^{-1}) registradas no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 8. Concentrations of organic carbon (mgL^{-1}) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

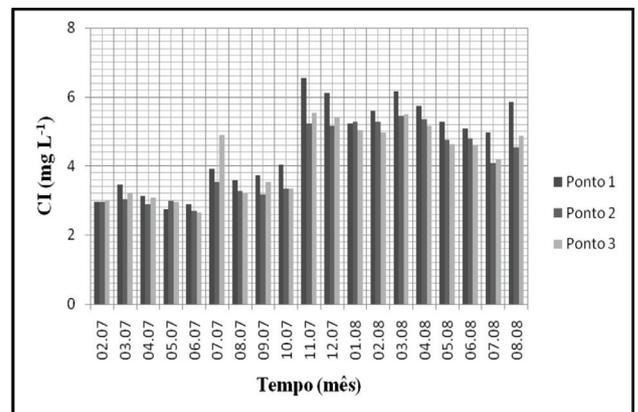


Figura 9. Concentrações de carbono inorgânico (mgL^{-1}) registradas no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 9. Concentrations of inorganic carbon (mgL^{-1}) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

De forma geral foi possível verificar a predominância das formas inorgânicas de carbono. Os maiores valores de CO e CI ocorreram no período de maiores precipitações, sugerindo um efeito carreador (p. ex. solos adjacentes) de carbono provocado pelas chuvas. No verão, as baixas concentrações de carbono inorgânico provavelmente estejam relacionadas às altas temperaturas e menor solubilidade dos gases.

A CE da água fornece informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático e dos fenômenos que ocorrem na bacia de drenagem

(Esteves 1995). Os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados para P1 ($63,70\mu\text{Scm}^{-1}$) e P2 ($57,70\mu\text{Scm}^{-1}$) em abril/07 (Figura 10). Nos meses de fevereiro, março e outubro/07 também foram verificados valores altos de CE ($49,6$, $55,1$ e $58,1\mu\text{Scm}^{-1}$ para P1). Os valores médios (\pm DP) de CE encontrados para P1, P2 e P3 durante o período amostral foram similares ($p > 0,05$), sendo respectivamente: $43,96 \pm 8,58\mu\text{Scm}^{-1}$; $41,59 \pm 5,13\mu\text{Scm}^{-1}$ e $41,23 \pm 4,14\mu\text{Scm}^{-1}$.

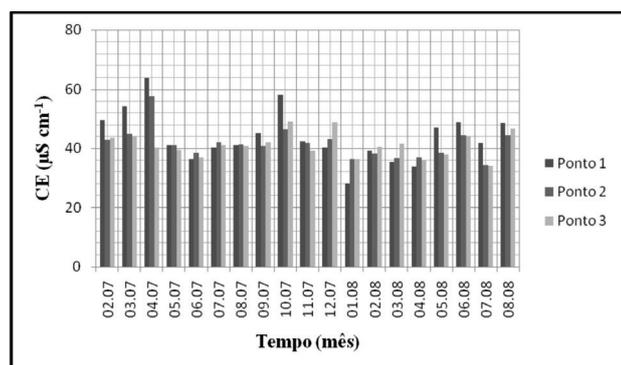


Figura 10. Valores de condutividade elétrica (μScm^{-1}) da água registrados no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 10. Values of electrical conductivity (μScm^{-1}) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

Os valores de CE em todos os pontos e durante todo o período abrangido por esse levantamento sempre estiveram abaixo de $100\mu\text{Scm}^{-1}$ (valor aludido, pela CETESB 2007, como indicador de ambiente impactado). Provavelmente os valores altos de condutividade estejam relacionados à concentração do íon nitrato (em fevereiro, março e abril) e amônio (em outubro). A respeito de P1 e P3 representarem trechos de rio, no geral, os valores de condutividade elétrica acusaram variações semelhantes às verificadas no reservatório (P2), sugerindo que em função da predominância dos breves tempos de residência e do regime turbulento, os fatores hidrodinâmicos condicionantes da distribuição dos elementos no rio do Monjolinho também prevaleçam no reservatório. A amplitude de variação dos valores de CE no reservatório (P2) foi maior que as registradas por Okano (1994): de $40,7$ a $59,4\mu\text{Scm}^{-1}$ e Pamplim (1995): de 31 a $36\mu\text{Scm}^{-1}$ e menor que a verificada por Nogueira (1990): de $10,8$ a $62,7\mu\text{Scm}^{-1}$.

Os valores de CE previamente registrados a montante de P1, nos períodos de chuva e estiagem, foram em média: 21 e $11\mu\text{Scm}^{-1}$ (Pelaéz-Rodriguez 2001), 24 e $21\mu\text{Scm}^{-1}$ (Peres 2002), 8 e $9\mu\text{Scm}^{-1}$ (Campagna 2005) e 8 e $11\mu\text{Scm}^{-1}$ (Viana 2005). Os valores baixos de CE verificados próximos à região da nascente podem ser explicados pela influência das águas subterrâneas, com baixas concentrações de eletrólitos, e devido à existência de uma pequena área de mata ciliar capaz de absorver parte dos íons que poderiam ser carregados para as águas do reservatório (Barreto 1999). Os valores de CE determinados em P1, P2 e P3 foram elevados em relação aos valores registrados em locais próximo da nascente, sugerindo que estejam relacionados aos reduzidos trechos de mata ciliar e ao aporte de efluentes domésticos/rurais (Sé 1992, Mendes 1998, Peres 2002). Desse modo, a CE tende a ser mais elevada neste do que em outros rios da região (Viana 2005), porém, em nenhum dos locais selecionados as amostras apresentaram valores acima do recomendado.

O nitrato e o íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, na medida em que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (Esteves 1995). As concentrações de N-NO_3^- médias (\pm DP) verificadas para os P1, P2 e P3 foram semelhantes ($p > 0,05$), sendo respectivamente: $140,84 \pm 83,16\mu\text{gL}^{-1}$, $100,43 \pm 42,38\mu\text{gL}^{-1}$ e $103,19 \pm 40,33\mu\text{gL}^{-1}$ (Figura 11).

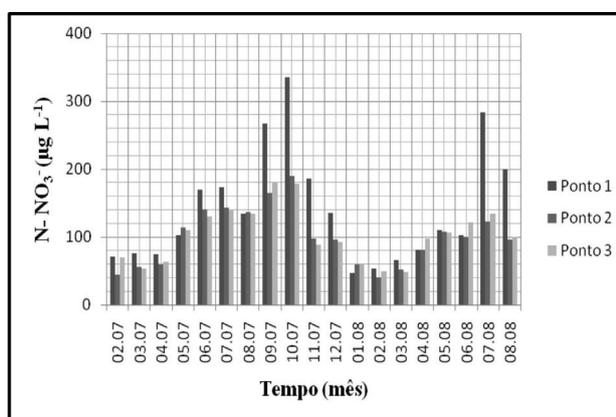


Figura 11. Concentrações de nitrato (μgL^{-1}) registradas no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 11. Concentration of nitrate (μgL^{-1}) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

As concentrações de nitrato foram elevadas nos meses de maio a outubro/07 e julho e agosto/08. Os valores máximos e mínimos registrados variaram de $335,80\mu\text{gL}^{-1}$ (P1) a $41,48\mu\text{gL}^{-1}$ (P2). Ainda com relação a essa variável, as concentrações de nitrato foram inversamente proporcionais a temperatura ($r = -0,46$) e os valores mais altos sugerem a predominância de oxidação biológica de compostos nitrogenados reduzidos. Elevadas variações de nitrato ($5,8$ a $113,6\mu\text{gL}^{-1}$) foram registradas previamente nesse reservatório (Nogueira 1990), identificando um padrão sazonal na variação das concentrações de nitrato. No presente estudo também foi possível verificar um padrão sazonal, com os maiores teores de nitrato ocorrendo nos meses de junho a novembro/07 e julho a agosto/08. De acordo com os valores máximos e mínimos de nitrato, o ambiente é definido como oligotrófico segundo índice de estado trófico descrito por Vollenweider (1968).

As concentrações altas de nitrato estiveram associadas à entrada de material alóctone e/ou ao predomínio da nitrificação sobre a amonificação, com redução das concentrações de oxigênio pelas bactérias nitrificantes, na medida em que se trata de um processo essencialmente aeróbio e, como tal, ocorre somente nas regiões onde há oxigênio dissolvido (Esteves 1995). Por outro lado, as concentrações podem ter permanecido elevadas em função da assimilação preferencial do íon amônio.

De acordo com Chapman e Kimstach (1992), em áreas não impactadas por atividades antropogênicas, as concentrações de nitrato raramente ultrapassam o valor de $100\mu\text{gL}^{-1}$, enquanto que em locais que sofrem os efeitos dessas atividades tais concentrações podem até atingir valores acima de $5000\mu\text{gL}^{-1}$ e raramente abaixo de $1000\mu\text{gL}^{-1}$. Embora esse ambiente seja caracterizado como freqüentemente afetado por ações antrópicas, as concentrações de nitrato não se apresentaram acima do limite recomendado pela CONAMA 357/05 (10mgL^{-1}) em nenhum dos pontos de amostragem.

O nitrito é encontrado em baixas concentrações, notadamente em ambientes oxigenados, e representa uma fase intermediária entre a amônia (forma mais reduzida) e nitrato (forma mais oxidada). Em adição, o nitrito pode mediar a oxidação do amônio em meio anaeróbio. Em concentrações altas, o nitrito é extremamente tóxico a maioria dos organismos

aquáticos (Esteves 1995). Os valores máximos verificados para as concentrações de nitrito em P1, P2 e P3 foram respectivamente: $34,72$, 20 , 18 e $20,92\mu\text{L}^{-1}$ (Figura 12); enquanto que os valores mínimos foram $5,28$, $5,36$ e $5,58\mu\text{gL}^{-1}$, respectivamente. Foi registrada uma diferença significativa entre P1 e os pontos P2 e P3 ($p < 0,001$), com o trecho a montante do reservatório do Monjolinho (P1) sempre apresentando concentrações mais elevadas de nitrito (exceto em janeiro/2008) que o P2 e P3.

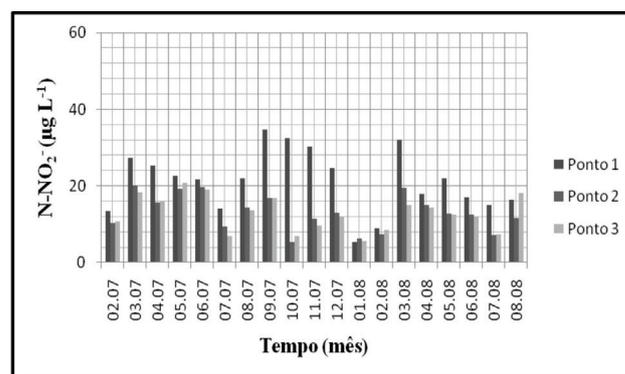


Figura 12. Concentrações de nitrito (μgL^{-1}) registradas no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 12. Concentration of nitrite ($\mu\text{g L}^{-1}$) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

Os valores médios (\pm DP) encontrados para as concentrações de nitrito para os três pontos selecionados variaram de $21,20 \pm 8,10\mu\text{gL}^{-1}$ (P1) a $12,86 \pm 4,62\mu\text{gL}^{-1}$ (P3), ao longo do período em questão (fevereiro/07 a agosto/08). Foi registrada uma diferença significativa entre P1 e os pontos P2 e P3. O trecho a montante do reservatório do Monjolinho (P1) sempre apresentou concentrações mais elevadas de nitrito (exceto em janeiro) que o reservatório (P2) e o trecho a jusante (P3). Nesse caso, embora o reservatório apresentasse normalmente tempo de residência baixo, se supõe que esteja favorecendo os processos de oxidação do nitrito, basicamente em virtude do aporte suplementar de oxigênio decorrente da produção primária fitoplanctônica.

De acordo com Chapman e Kimstach (1992), as concentrações de nitrito, geralmente são mais baixas nas águas superficiais ($1\mu\text{gL}^{-1}$), raramente excedem a concentração de $100\mu\text{gL}^{-1}$, sendo que as altas concentrações de nitrito indicam aportes de efluentes industriais. A análise dos resultados

obtidos mostra que não houve um padrão sazonal na variação das concentrações desse íon, diferente do verificado por Barreto (1999), que registrou aumento na concentração de nitrito no período chuvoso. No entanto, foi possível verificar um padrão espacial, no qual as maiores concentrações desse nutriente ocorreram em P1 (ponto a montante), corroborando com os maiores valores de CE. Contudo, no geral, as concentrações de nitrito mantiveram-se com valores baixos, conforme esperado. Nenhum dos valores registrados (em P1, P2 e P3) situou-se acima de $1000\mu\text{gL}^{-1}$, limite estabelecido pela CONAMA (357/05).

O íon amônio é de extrema importância para os produtores primários, especialmente porque sua absorção é energeticamente mais viável. Concentrações elevadas deste íon podem ter várias implicações ecológicas, pois influenciam o balanço do oxigênio dissolvido; nesse contexto, para a oxidação completa de 1,0 mg do íon amônio são necessários 3,6 mg de oxigênio. Em adição, na forma não ionizada, esse composto possui ação tóxica sobre vários organismos.

As concentrações máximas do amônio encontradas em P1, P2 e P3 foram: 244,64; 239,88 e $240,48\mu\text{gL}^{-1}$ respectivamente (Figura 13). As concentrações médias (\pm DP) de amônio não apresentaram distinção na variação espacial ($p > 0,05$) nos pontos selecionados (P1: $239,88 \pm 3,95\mu\text{gL}^{-1}$; P2: $240,48 \pm 5,26\mu\text{gL}^{-1}$ e P3: $97,78 \pm 64,56\mu\text{gL}^{-1}$).

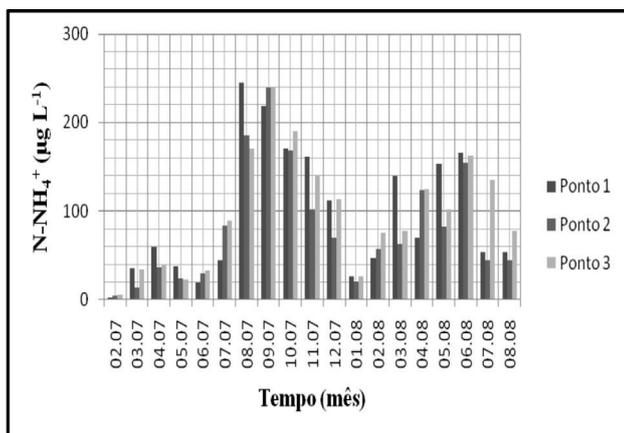


Figura 13. Concentrações de amônio (μgL^{-1}) registradas no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 13. Concentration of ammonium (μgL^{-1}) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

As concentrações elevadas de amônio encontradas em P1, em agosto e setembro/07, podem ser atribuídas a chuvas atípicas desse ano (julho/07 = 147,2mm) e, conseqüentemente, aos escoamentos superficiais de áreas que se credenciam a fontes difusas de aporte de detritos no rio do Monjolinho, por abrigarem vários animais (área do parque ecológico, adjacente ao *campus* da UFSCar), situadas a montante desse ponto. Também podem estar relacionadas à decomposição fitoplanctônica e/ou elevadas taxas metabólicas (excreção e ingestão) da comunidade zooplânctônica durante o período.

Nos meses de agosto a outubro de/07 registraram-se elevados teores do íon amônio. Nesse período, também foram verificados valores elevados de turbidez, carbono orgânico e temperatura. Esse padrão, com os maiores teores de amônio no período de estiagem, se repetiu no ano seguinte com elevadas concentrações desse íon nos meses de maio e junho. Dessa forma, em nenhum dos pontos a concentração de amônio excedeu o limite máximo estabelecido pela CONAMA (357/05) equivalente a $3,7\text{mgL}^{-1}$ (Classe 1).

De acordo com Esteves (1995), as principais fontes de nitrogênio orgânico dissolvido consistem na lise celular (por senectude e herbivoria), decomposição e excreção do fitoplâncton e das macrófitas aquáticas. Devido a não filtração das amostras, nesse estudo os resultados de N-Org também incluíram o plâncton. As concentrações máximas de nitrogênio orgânico verificadas para P1, P2 e P3 foram: 0,84, 0,97 e $0,85\text{mgL}^{-1}$ (Figura 14). Os valores médios (\pm DP) para as concentrações de nitrogênio orgânico total foram $0,68 \pm 0,17\text{mgL}^{-1}$; $0,72 \pm 0,17\text{mgL}^{-1}$ e $0,70 \pm 0,14\text{mgL}^{-1}$ nos P1, P2 e P3, respectivamente.

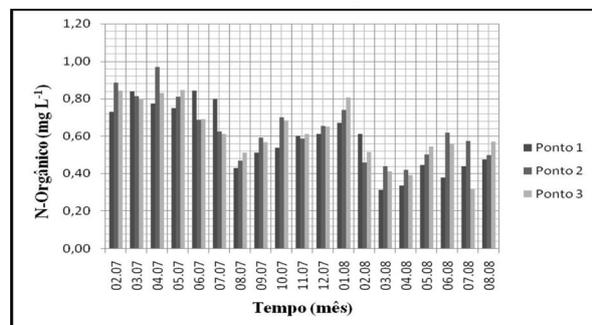


Figura 14. Concentrações de nitrogênio orgânico total (mgL^{-1}) registradas no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 14. Concentration of total organic nitrogen (mgL^{-1}) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

As concentrações máximas de nitrogênio orgânico verificadas para P1, P2 e P3 durante o início da estiagem corroboram os resultados verificados por Mendes (1998), Pelaéz-Rodríguez (2001) e Sé (1992), cujos valores obtidos para nitrogênio orgânico total foram mais elevados nesse período. Os valores altos, verificados nesse estudo durante a estiagem, podem ser justificados pelo baixo índice pluviométrico em dias anteriores as coletas e, provavelmente, ainda ao crescimento do fitoplâncton e à entrada de esgotos. Mesmo durante o período chuvoso nesse rio, o aumento da vazão não é suficiente para abaixar as concentrações de nitrogênio total e torná-las mais próximas às encontradas na nascente (Barreto 1999).

No geral houve a predominância de nitrogênio orgânico total em todo o período de amostragem em relação às outras formas (i.e. nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito), como observado por Barreto (1999) e Campagna (2005). Segundo Esteves (1995), somente quando a concentração de formas inorgânicas de nitrogênio atinge valores muito baixos ou são esgotadas, as formas orgânicas são aproveitadas pelos produtores primários.

O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, sendo utilizado em grandes quantidades pelas células (CETESB, 2007). De acordo com Von Sperling (1996), as principais fontes naturais de fósforo são: o intemperismo das rochas e a decomposição de detritos orgânicos, enquanto que as fontes antropogênicas são os despejos domésticos e industriais e o carreamento por escoamento superficial de áreas ricas em fertilizantes. Os valores médios de P-total verificados para os P1, P2 e P3 (\pm DP) foram $102,30 \pm 81,55$, $118,83 \pm 89,12$ e $159,59 \pm 122,89 \mu\text{g L}^{-1}$. A maior concentração de P-total (Figura 15) foi $398,93 \mu\text{g L}^{-1}$ no mês de julho/07 em P3. As concentrações médias de P-dissolvido variaram de $68,68 \mu\text{g L}^{-1}$ (P1) a $90,88 \mu\text{g L}^{-1}$ (P3) e foram mais elevadas durante os meses chuvosos: $98,68 \mu\text{g L}^{-1}$ (P1), $125,37 \mu\text{g L}^{-1}$ (P2) e $101,90 \mu\text{g L}^{-1}$ (P3). Foram registrados teores altos de P-total e P-dissolvido no mês de julho/07 para os P2 ($372,20 \mu\text{g L}^{-1}$ e $280,17 \mu\text{g L}^{-1}$) e P3 ($398,93 \mu\text{g L}^{-1}$ e $301,95 \mu\text{g L}^{-1}$; Figura 16).

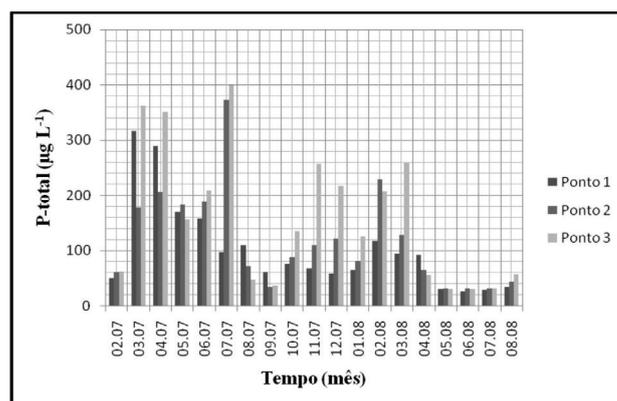


Figura 15. Concentrações de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) registrados no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 15. Concentration of total phosphorous ($\mu\text{g L}^{-1}$) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

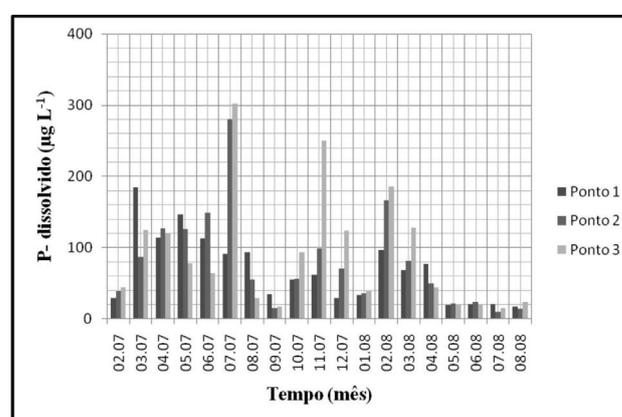


Figura 16. Concentrações de fósforo dissolvido ($\mu\text{g L}^{-1}$) registrados no período de fevereiro/07 a agosto/08 no rio do Monjolinho (P1 e P3) e no reservatório (P2).

Figure 16. Concentration of dissolved phosphorous ($\mu\text{g L}^{-1}$) recorded in the period of February/07 to August/08 the river Monjolinho (P1 and P3) and reservoir (P2).

Assim como o registrado por Mendes (1998), de modo geral, as maiores concentrações de P-total ocorreram durante as chuvas, exceto em julho de 2007 em que foram registradas precipitações atípicas para o inverno, sugerindo a importância da pluviosidade como agente de transporte (ex. escoamento superficial) desse nutriente nessa bacia de drenagem ao corpo d'água. Conforme concentrações médias de P-total registradas no período de fevereiro/07 a agosto/08 o ambiente é classificado como eutrófico, de acordo com o índice de estado trófico descrito por Toledo Jr (1990). A CONAMA (357/05) prevê um máximo de $150 \mu\text{g L}^{-1}$ para P-total para

corpos d'água de Classe 3 com tempo de residência entre 2 a 40 dias e de $75\mu\text{gL}^{-1}$ para Classe 3 em ambientes lóticos. Considerando-se a média dos valores de P-total durante o período estudado, o P1 foi classificado como Classe 3, enquanto que o P2 apresentou valores acima do limite permitido pela Resolução CONAMA (357/05) para ambientes desta classe. Durante a estiagem foram registrados teores altos de P-total e P-dissolvido no mês de julho/07 para os P2 e P3, devido às chuvas e conseqüentemente, o aporte de nutrientes da bacia de drenagem para o corpo d'água.

De acordo com dados de inventários prévios (Campagna 2005, Fusari 2006, Sé 1992, Pelaéz-Rodríguez 2001, Peres 2002, e Viana 2005) é possível observar a degradação da qualidade ambiental no sistema Monjolinho, na medida em que os pontos se afastam da nascente; acusando a sua susceptibilidade aos impactos antropogênicos. Os padrões da qualidade de água deparados no reservatório e no rio do Monjolinho na área do *campus* da UFSCar e a jusante devem ser atribuídos às interferências antrópicas e às propriedades geomorfológicas das áreas de drenagem (Sé 1992). A ausência de tratamento de esgotos e emissão de poluentes causa um estado de degradação para o rio do Monjolinho, afetando suas características químicas, físicas e biológicas e comprometendo as atividades desenvolvidas em sua bacia hidrográfica, como a irrigação de pequenas áreas de lavouras (Côrtez *et al.* 2000). Nesse estudo, as concentrações de fósforo (em média) caracterizaram o reservatório e o rio do Monjolinho como ambientes eutróficos; de acordo com índice que considera as concentrações de nitrogênio (Kratzer & Brezonik 1981), os corpos d'água foram considerados hipereutróficos durante o período estudado. No geral, as variáveis apresentaram valores compatíveis aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 e CETESB (2007). Os resultados sugerem que as chuvas, as pressões antrópicas e o barramento (no caso do reservatório) sejam os principais fatores determinantes das características (químicas, físicas e biológicas) atuais das águas do rio do Monjolinho. Com base nesses resultados indicam-se algumas providências que devam ser adotadas tendo em vista a preservação do rio do Monjolinho e do potencial de usos múltiplos do reservatório, tais como: a recuperação da mata ciliar em especial próximo a nascente e a redução/

supressão dos despejos de efluentes (domésticos e industriais) no rio.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa de estudo (processo nº 06/58485-6) e ao CNPq (processos nº 300959/2004-4 e 150169/2004-3).

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J.D. 1995. *Stream ecology: structure and function of running waters*. Chapman and Hall, London, UK. 388p.
- ALLEN, S.E.; GRIMSHAW, H.M.; PARKINSON, J.A. & QUARMBY, G. 1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Blackwell, Oxford, UK. 565p.
- APHA; AWWA & WPCF. 1998. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Twenty Edition. APHA (American Public Health Association); AWWA (American Water Works Association) WPCF (Water Pollution Control Federation), Washington, DC. 1.193p.
- BARRETO, A.S. 1999. Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação das comunidades biológicas e a sua quantificação no sedimento e água. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, Brasil. 274p.
- CAMPAGNA, A.F. 2005. Toxicidade dos sedimentos da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho (São Carlos-SP): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo. Pirassununga, SP, Brasil. 268p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). <www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/indice_iap_iqa.asp>. (Acesso em 10/11/2007).
- CHAPMAN, D. & KIMSTACH, V. 1992. Selection of water quality variables. Pp. 51-119. *In*: D. Chapman (ed.). An introduction to water quality. Water quality assessments. Chapman & Hall, London, UK. 651p.
- CONAMA. (Conselho Nacional do Meio Ambiente). 2005. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo Brasília, DF.
- CORREIA, L.C.S. 2004. Contribuição para o conhecimento do gênero *Chironomus meigen*, 1803 na região neotropical. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 148p.

- CORTÊZ, M.R.; RIGHETTO, G.M.; LEONELLI, G.C. V. & FERNANDES, A.C.de A. 2000. Uso e ocupação da terra na área urbana. Pp. 114-132. In: E.L.G. Espindola, J.S.V. Silva, C.E. Martinelli & M.M. Abdon (orgs.). A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. Rima, São Carlos, SP. 188p.
- ESPÍNDOLA, E.L.G. 2000. Pp. 36-40. O rio do Monjolinho: um estudo de caso. A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. In: E.L.G. Espindola, J.S.V. Silva, C.E. Martinelli & M.M. Abdon (orgs.). Rima, São Carlos, SP. 188p.
- ESTEVEVES, F.A. 1995. *Fundamentos de limnologia*. Second Edition. Interciência, Rio de Janeiro, RJ. 602p.
- FUSARI, L.M. 2006. Estudo das comunidades de macroinvertebrados bentônicos das represas do rio do Monjolinho e do Fazzari no campus da UFSCar, município de São Carlos, SP. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 80p.
- HYNES, H.B.N. 1970. *The ecology of running waters*. University Press, Liverpool, UK. 555p.
- KÖPPEN, W. 1931. *Grundriss der klimakunde*. Walter de Gruyter & Co., Berlin, DE. 388p.
- KOROLEFF, F. 1976. Pp. 126-133. Determination of ammonia. In: K. Grasshoff, M. Ehrhardt, & K. Kremling (eds.). Verlag Chemie, Weinheim, DE. 632p.
- KRATZER, C.R. & BREZONIK, P.L. 1981. A Carlson type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. *Water Research Bulletin*, 17: 713-715.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. & TALLING, J.F. 1978. *Water chemistry: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association, Scientific Publication, Cumbria, UK. 121p.
- MENDES, A.J.S. 1998. Avaliação dos impactos sobre a comunidade macrozoobentônica, no córrego do Monjolinho (São Carlos, SP). *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. 106p.
- NOGUEIRA, M.G. 1990. Dinâmica de populações planctônicas e fatores físico-químicos de um sistema artificial raso. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. 244p.
- NOGUEIRA, M.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 1994. Limnologia de um sistema artificial raso (Monjolinho Reservoir - São Carlos, SP). I-Dinâmica das variáveis físicas e químicas. *Revista Brasileira de Biologia*, 54: 147-159.
- NOGUEIRA, M.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 1996. Limnologia de um sistema artificial raso (Monjolinho Reservoir - São Carlos, SP). Dinâmica das populações planctônicas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 8: 149-168.
- OKANO, W.Y. 1994. Análise da estrutura e dinâmica populacional da comunidade zooplânctônica de um reservatório artificial (Represa do Monjolinho, São Carlos - SP). *Tese de Doutorado*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 128p.
- PAMPLIN, P.A.Z. 1995. Caracterização nictimeral da migração vertical do zooplâncton em um reservatório artificial raso (Reservatório do Monjolinho, UFSCar, São Carlos - SP). *Monografia*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 61p.
- PELAÉZ-RODRIGUES, M. 2001. Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (ribeirão do Feijão e rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. 145p.
- PERES, A.C. 2002. Uso de macroalgas e variáveis físicas, químicas e biológicas para a avaliação da qualidade da água do rio do Monjolinho, São Carlos, Estado de São Paulo. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 116p.
- REBOUÇAS, A.C. 1999. Pp.12-21. Água doce no mundo e no Brasil. In: A.C. Rebouças, B. Braga & J.G. Tundisi. (eds.). Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. Escrituras, São Paulo, SP. 704p.
- REGALI-SELEGHIM, M.H.R. 2001. Rede trófica microbiana em um sistema eutrófico raso (Reservatório do Monjolinho - São Carlos-SP) - Estrutura e função. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 92p.
- REGALI-SELEGHIM, M.H. & GODINHO, M.J.L. 2004. Peritrich epibiont protozoans in the zooplankton of a subtropical shallow aquatic ecosystem (Monjolinho Reservoir, São Carlos, Brazil). *Journal of Plankton Research*, 5: 501-508.
- ROCHA, O.; PIRES, J.S.R. & SANTOS, J.E. 2000. A bacia hidrográfica como unidade de estudo. Pp. 1-16. In: E.L.G. Espindola, C.E. Martinelli & M.M. Abdon. (eds.). A bacia hidrográfica do Rio do Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. Rima, São Carlos, SP. 188p.

SALAMI, L.N.B.P. 1996. Estudo das influências climáticas e antropogênicas nas características físico-químicas no rio do Monjolinho. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. 136p.

SALATI, E. & LEMOS, H.M. 2002. Água e desenvolvimento sustentável. Pp. 41-47. *In*: A.C. Rebouças, B. Braga & J.G. Tundisi. (eds.). *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras, São Paulo, SP. 704p.

SÉ, J.A.S. 1992. O rio do Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos: um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisas ecológicas, de educação e gerenciamento ambientais a longo prazo. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. 381p.

SIQUEIRA, T. & TRIVINHO-STRIXINO, S. 2005. Diversidade de chironomídeos (Díptera) em dois córregos de baixa ordem na região central do estado de São Paulo, através da coleta de exúvias de pupa. *Revista Brasileira de Entomologia*, 4: 531-534.

TOLEDO JR., A.P. 1990. Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais. *Relatório Técnico*. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo. 11p.

TUNDISI, J.G. 1993. Represas do Paraná superior: limnologia e bases científicas para o gerenciamento. Pp. 41-52. *In*: A. Boltovskoy & H.L. Lopes. (eds.). *Conferências de Limnologia*. Instituto de Limnologia Dr. R. A. Ringuelet, La Plata, BA.

VIANA, S.M. 2005. Riqueza e distribuição de macrófitas aquáticas no rio do Monjolinho e tributários (São Carlos, SP) e análise de sua relação com variáveis físicas e químicas. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. 130p.

VOLLENWEIDER, R.A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lake and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. *Technical Reports Water Management Research OECD*, Paris, FJ. 159p.

VON SPERLING, M. 1996. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Second Edition. DESA - UFMG, Belo Horizonte, MG. 243p.

WETZEL, R.G. 1983. *Limnology*. Saunders, Philadelphia, USA. 767p.

Sumetido em 27/02/2011

Aceito em 23/07/2011