



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Qualidade da Água, Carga Orgânica e de Nutrientes na Foz do Córrego da Cascata: Contribuição da Sub-Bacia para a Represa de Barra Bonita, Rio Tietê (SP)

Ivalde Belluta<sup>1</sup>, Silvio Alexandre de Jesus<sup>2</sup>, Márcio Piedade Vieira<sup>3</sup>, Nelita Maria Corrêa<sup>4</sup>, Vera Lúcia Mores Rall<sup>5</sup>, José Pedro Serra Valente<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Biólogo. Universidade Estadual Paulista-UNESP. Botucatu-São Paulo. Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780, CEP: 18.610-307; <sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, UNESP. Botucatu-SP. E-mail: [silvioaj@hotmail.com](mailto:silvioaj@hotmail.com); <sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, UNESP. Botucatu-SP. E-mail: [soscuesta@soscuesta.org.br](mailto:soscuesta@soscuesta.org.br); <sup>4</sup>Médica Veterinária, UNESP. Botucatu-SP. Email: [soscuesta@soscuesta.org.br](mailto:soscuesta@soscuesta.org.br); <sup>5</sup>Profa. do Dept. de Microbiologia e Imunologia, Instituto de Biociências-IB, UNESP. Botucatu-SP. Distrito de Rubião Jr., S/N. CEP: 18.618-000. CP: 510. E-mail: [vlmores@ibb.unesp.br](mailto:vlmores@ibb.unesp.br); <sup>6</sup>Prof. do Dept. de Química e Bioquímica do IB/UNESP. Botucatu-SP. Distrito de Rubião Jr., Rua Prof. Dr. Antonio Celso Wagner Zanin, S/N. CEP: 18.618-689. E-mail: [pedro@ibb.unesp.br](mailto:pedro@ibb.unesp.br).

### RESUMO

O estudo das cargas orgânica e de nutrientes de uma sub-bacia hidrográfica é importante para quantificar o fluxo de energia ao longo de um rio até que chegue a um reservatório ou uma barragem. O objetivo deste estudo foi estimar a carga orgânica (CO) e as cargas de nitrogênio (CN) e fósforo (CP) na foz da sub-bacia do córrego da Cascata e avaliar a qualidade da água e sua contribuição na eutrofização do reservatório de Barra Bonita (rio Tietê, SP). Foram coletadas mensalmente (de maio/2011 a junho/2012) amostras de água e medidas de vazão (V) na foz do córrego da Cascata, junto ao córrego Água Fria. Foram determinados o pH e as concentrações de carbono orgânico total (CO<sub>T</sub>), nitrogênio total (N<sub>T</sub>), fósforo total (P<sub>T</sub>), oxigênio dissolvido (OD); a demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>); a condutividade elétrica (CE); o cloreto (Cl). Foram realizadas análises microbiológica (coliformes termotolerantes (CT)) e estatística descritiva. Avaliou-se a influência do índice pluviométrico (IP) na vazão e nas cargas dos parâmetros analisados. A V média mensal na foz do córrego da Cascata foi de 81,5 L.s<sup>-1</sup>; a CO foi 1,35 g.s<sup>-1</sup> ou 3,6 g.s<sup>-1</sup> em OD; a CN, 0,21 g.s<sup>-1</sup> e a CP, 0,007 g.s<sup>-1</sup>. A CE esteve acima do normal (100 µS.cm<sup>-1</sup>) em duas coletas, e a CT atingiu 1,1 x 10<sup>5</sup> NMP em uma amostragem. As sub-bacias contribuem para a eutrofização, e seu controle evita aumento de nutrientes em suas águas. O córrego da Cascata possui boa qualidade de água, e eventuais lançamentos de resíduos são facilmente assimilados e passíveis de controle.

Palavras-chave: Eutrofização, carbono orgânico total, fósforo total, nitrogênio total.

## Water Quality, Organic Loading and Nutrient Loading in the Mouth of Cascata Brook: The Subbasin contribution to Barra Bonita Reservoir (Tietê River – São Paulo (Brazil))

### ABSTRACT

The study of organic and nutrient loading of a subbasin is important to quantify the flow of energy along a river until it reaches a reservoir or dam. The goal of this study was to estimate the organic loading (OL) and the nitrogen (NL) and phosphorus (PL) loadings in the mouth of the subbasin of Cascata brook and assess the water quality and its contribution to the eutrophication of Barra Bonita Reservoir (Tietê River, São Paulo-Brazil). Water samples and flow measurements (F) were collected every month (from May/2011 to June/2012) at the mouth of Cascata brook. It were analyzed: the pH and total organic carbon concentration (TOC); the total nitrogen (TN); the total phosphorus (TP); the dissolved oxygen (DO); the biochemical oxygen demand (BOD<sub>5,20</sub>); the electrical conductivity (EC); and the chloride (Cl). Microbiological analysis (thermotolerant coliforms (TC)) and descriptive statistics were performed. The influence of the precipitation index (PI) over the flow and over the parameters loads was analyzed. The average monthly V at the mouth of Cascata brook was 81,5 L.s<sup>-1</sup>; the OL was 1,35 g.s<sup>-1</sup> or 3,6 g.s<sup>-1</sup> in DO; the NL, 0,21 g.s<sup>-1</sup> and the PL 0,007 g.s<sup>-1</sup>. The EC was above the standards (100 µS.cm<sup>-1</sup>) in two samples, and the TC reached 1,1.x.10<sup>5</sup> MPN in one of the samples. The subbasins contribute to the eutrophication and maintaining them prevents the increase of nutrients in their waters. The Cascata brook has good water quality, and any waste releases are easily assimilated and can be controlled.

Keywords: Eutrophication, total organic carbon, total nitrogen, total phosphorus.

\* E-mail para correspondência: [ibelluta@ibb.unesp.br](mailto:ibelluta@ibb.unesp.br). (Belluta, I.).

## Introdução

Os fluxos elementares terrestres, a carga orgânica e de nutrientes produzidas em uma bacia hidrográfica são controlados por fatores bióticos e abióticos. Estes desencadeiam processos que ocorrem entre a vegetação e o solo, e em parte exportados através de perdas atmosféricas, superficiais e escoamento sub-superficial e lixiviação até a foz do corpo d'água (Modan Cerny, 1994). Os cursos de água estão intimamente relacionados com o ambiente ao seu redor, sendo fortemente influenciados pelo uso e ocupação da bacia a qual pertence (Rocha et al., 2009).

As investigações sobre esses processos, principalmente em áreas tropicais e subtropicais, são escassas e muito necessárias para compreender os efeitos das mudanças no uso da terra, como o desmatamento. Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2012), além das fontes tradicionais de poluição, os eventos naturais extremos, como períodos de secas prolongados e de chuvas intensas, também colaboram para a deterioração da qualidade das águas superficiais.

Entre as fontes naturais e não naturais transportadas pelo fluxo e pela exportação de elementos da natureza, o carbono e nutrientes como o nitrogênio e o fósforo apresentam origens variadas e são essenciais para as plantas. A atmosfera, na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), é relativamente pobre em carbono (0,032%), mas a matéria orgânica, na sua forma bruta na natureza, apresenta cerca de 49% de carbono (Braga et al., 2003). O nitrogênio está presente na atmosfera com 78,08% em volume (Nuvolari et al. 2003; Braga et al., 2003). Nas águas naturais esses compostos provêm da decomposição de animais e plantas, além da contribuição de fezes e urina. Já o fósforo presente nos corpos d'água tem como fontes principais os efluentes sanitários e a poluição difusa de áreas agrícolas (ANA, 2012).

Na bacia hidrográfica, os compostos orgânicos e de nutrientes disponíveis e produzidos são importantes para quantificar o fluxo de energia ao longo do percurso de um rio até chegar a reservatórios ou barragens, construídos para armazenamento de água para consumo humano e/ou geração de energia. Para Matsumura-Tundisi (2006) e Souza et al. (2011), os impactos das barragens, sua dimensão, operação e tempo de residência, associados ao potencial de recarga da bacia pelos múltiplos impactos do desmatamento, da agropecuária e das ocupações populacionais,

podem exercer grande influência sobre os fluxos de materiais para os ecossistemas costeiros e, por consequência, sobre as alterações em sua estrutura e seu funcionamento. De acordo com Vidal e Neto

(2014), muitos reservatórios são alvo de impactos resultantes de atividades antrópicas, principalmente os localizados nos domínios das bacias hidrográficas.

Segundo a ANA (2012), com o fluxo e a exportação de nutrientes de origem não natural oriundos das sub-bacias hidrográficas, o fósforo e o nitrogênio, especialmente, são em geral destinados para os represamentos e contribuem para o processo de eutrofização, que prejudica a navegação, a recreação e a própria operação do reservatório. O fósforo, em particular, é a principal causa da eutrofização no reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê, SP (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 1990) e está associado à toxicidade da água, resultante de florescimento excessivo de cianobactérias e da descarga de substâncias tóxicas, metais pesados, pesticidas e herbicidas (Tundisi et al., 2006).

As áreas urbanas que não descartam corretamente seus dejetos e as áreas agrícolas que não utilizam técnicas conservacionistas do solo exportam matérias orgânicas e nutrientes comprovadamente impactantes nos sistemas hídricos. Na região de Botucatu, Valente et al. (1997), Moretto e Nogueira (2003), Valente e Traficante (2008) avaliaram a exportação de nitrogênio e fósforo do ribeirão Lavapés e do rio Capivara e o impacto acumulativo desses nutrientes sobre a represa de Barra Bonita.

Estudos do fluxo e da exportação de cargas orgânicas e nutrientes na bacia do rio Paraíba do Sul mostraram que várias culturas agrícolas nas bacias hidrográficas de médio porte da região contribuíram significativamente para a entrada desses compostos nos sistemas marinhos e estuarinos (Figueiredo et al., 2011). Outros estudos semelhantes, sobre culturas agrícolas e seus impactos na eutrofização de lagos, represas e estuários, foram realizados no Brasil e em outros países (Egborge, 1990; Tundisi e Matsumura-Tundisi, 1990; Zhu e Hou, 1990; Hodgkin e Hamilton, 1993; Peterson et al., 2001; Matsumura-Tundisi et al., 2006; Gralhóz e Nogueira, 2006; Tundisi et al., 2006; Rocha et al., 2009; Souza et al., 2011; Vidal e Neto, 2014).

Diante do exposto, um estudo sobre exportação de matéria orgânica e nutrientes de diferentes origens em sub-bacias hidrográficas vem sendo realizado pela organização não governamental

SOS Cuesta de Botucatu por meio de importantes projetos ambientais. Um desses projetos, o Caracterização, Recuperação e Planejamento Ambiental do Córrego da Cascata, é desenvolvido na sub-bacia do córrego da Cascata, inserida na bacia do rio Tietê, em Botucatu-SP (SOSCUESTA, 2013).

De acordo com Belluta et al. (2014), a sub-bacia do córrego do Cascata, localizada a oeste do município, próximo ao *Campus* da Universidade Estadual Paulista (UNESP), apresenta áreas seriamente impactadas na linha do divisor de águas, junto a bairros recém-povoados e conjuntos residenciais, com risco de lançamento de esgoto, além de movimentação de solo no talude superior da rodovia Domingos Sartori, o que compromete a qualidade da água na região, cujas Áreas de Proteção Permanente (APP) estão, em grande parte, desprovidas de mata ripária. Tundisi e Matsumura-Tundisi (1990), revelam que a concentração de população humana e suas atividades promovem a deterioração da água em rios e reservatórios e a escassez de água para o consumo humano, apesar da abundância do recurso hídrico.

Nesse contexto, o estudo da qualidade da água e o fluxo de cargas orgânicas e de nutrientes existentes nas águas da sub-bacia do córrego da Cascata e destinadas para outros cursos receptores, como o reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê (SP), devem ser avaliadas para a compreensão dos impactos provocados pelo homem.

Assim, os objetivos deste estudo foi estimar as cargas orgânicas e de nutrientes na foz da sub-bacia do córrego da Cascata, avaliar sua qualidade da água e sua contribuição para os rios localizados à jusante (Água Fria e Lavapés) bem como a

contribuição na eutrofização do reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê (SP).

#### **Material e Métodos**

##### *Localização e caracterização da área*

O estudo foi realizado no município de Botucatu, localizado na região central do Estado de São Paulo, distante 234 km da capital e situado na zona 22S, Datum - WGS 84, entre as coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) 762290 L e 7468350 S.

A sub-bacia do córrego da Cascata, pertencente à bacia hidrográfica do rio Tietê, está localizada na região oeste da cidade de Botucatu, junto ao *Campus* da Universidade Estadual Paulista (Unesp), no distrito de Rubião Júnior, e aos bairros Recanto Azul e Vila São Luiz, à leste, sendo cortada transversalmente na sua porção final pela rodovia Marechal Rondon e longitudinalmente pela rodovia Domingos Sartori.

A área total da sub-bacia é de 5,55 km<sup>2</sup> e está situada na zona 22S, Datum - WGS 84 entre as coordenadas planas e pelo Sistema de Projeção UTM (X)=769612.125 e (Y)= 7467100.010 e (X)=775475.539 e (Y)=7468800.940.

O córrego da Cascata percorre 4,23 km da nascente à foz, passando entre propriedades rurais de pequeno porte e três condomínios residenciais de alto padrão. O terço final da sub-bacia adentra uma área que concentra a maior parte da população residente nos bairros Recanto Azul e Vila São Luiz. Das 13 nascentes principais que o formam, oito estão localizadas na margem esquerda e cinco, na margem direita. Suas águas desembocam no córrego Água Fria, o qual deságua no rio Lavapés até atingir a represa de Barra Bonita, no rio Tietê (SOSCUESTA, 2013) (Figura 1).

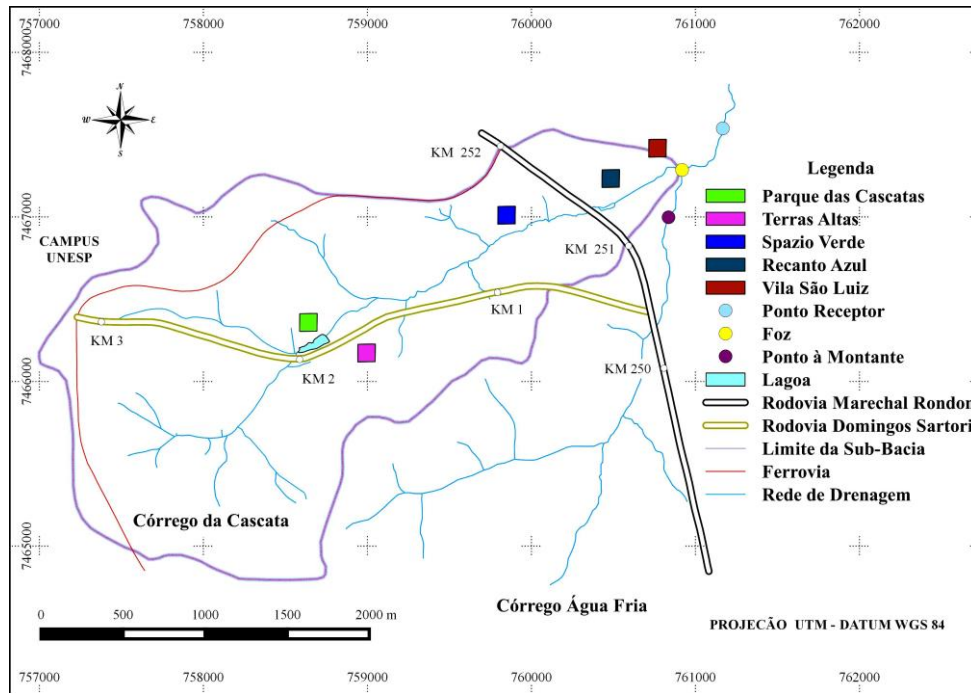


Figura 1. Localização da área da sub-bacia do córrego da Cascata, sua rede de drenagem e pontos de coleta. Fonte: Adaptado de Belluta et al. (2014).

Assim sendo, foi avaliada a qualidade da água dos córregos da Cascata e Água Fria em um ponto à montante (Pm) e em outro à jusante (ponto receptor – Pr) (Figura 1).

*Variáveis de qualidade de água e vazão (V)*

Foram coletadas amostras de água para análise e medidas da V ( $L.s^{-1}$ ) em um ponto na foz do córrego da Cascata. A carga orgânica (CO) foi calculada através da medida da V, com base nas concentrações do carbono orgânico total ( $CO_T$ ) e, da mesma forma, as cargas de nutrientes foram calculadas com base nas concentrações do nitrogênio total ( $N_T$ ) e do fósforo total ( $P_T$ ). Para a análise da qualidade da água, foram selecionados os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_{5,20}$ ), condutividade elétrica (CE), cloreto (Cl), além de análises microbiológicas (coliformes termotolerantes (CT)). As amostras de água e as medida da V foram coletadas mensalmente, por um período de 12 meses: de mai/2011 a jun/2012. Não foi possível realizar nenhum teste estatístico nesses parâmetros devido à ausência de repetições nas amostragens e nos meses, mas foi elaborada uma estatística descritiva, de acordo com Bussab e Morettin (2003).

Para a análise do  $CO_T$  nas águas do córrego da Cascata, foi utilizado o método do carbono orgânico não purgável (NPOC) e utilizado um analisador TOC Shimadzu, modelo TOC-v CPH/CPN, que é controlado por computador compatível e software em ambiente Windows. Para a análise do  $N_T$ , foi utilizado o analisador TN

Shimadzu, modelo TNM-1, através do método quimiluminescente. (Shimadzu, 2001). Para a análise do  $P_T$  e do Cl, foi utilizado o cromatógrafo de íons Metrohm, IC Net, versão 2,3, metrodate (Metrohm, 2005). A concentração de OD na água foi determinada pelo método de Winkler modificado, conforme descrito em CETESB (1989), Adad Tajra (1982), Golterman et al. (1991) e Greenberg et al. (2005). A  $DBO_{5,20}$  foi determinada através de incubação por cinco dias à temperatura de 20°C. A CE foi determinada utilizando-se um condutivímetro digital, da Digimed, e corrigida para a temperatura de 25°C (Greenberg et al., 2005). O método microbiológico adotado foi o de diluição de tubos múltiplos, recomendado por Greenberg et al. (2005). As amostras foram coletadas em sacos plásticos esterilizados e analisadas em, no máximo, três horas após a coleta ou, no máximo, após 24 horas sob refrigeração.

A V foi obtida na foz do córrego da Cascata através do método do flutuador. Determinou-se a profundidade média do córrego no ponto demarcado, considerado relativamente estável, mediu-se a largura e cronometrou-se o tempo necessário para que uma boia percorresse certa distância entre dois pontos fixos (Pinto et al., 2011). As medidas da vazão e as coletas das amostras de água do córrego foram sempre realizadas pelo menos após cinco dias de estiagem para não comprometer a condição hidrológica e natural do ambiente.

Para avaliar a qualidade da água, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água, da National

Sanitation Foundation (IQA-NSF), adaptado e utilizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) desde 1975. O IQA fornece uma nota para a qualidade da água, indicando cinco categorias: ÓTIMA, BOA, ACEITÁVEL, RUIM e PÉSSIMA.

**Resultados e Discussão**

*Avaliação das cargas orgânica e de nutrientes na sub-bacia do córrego da Cascata*

O índice pluviométrico (IP) obtido em Botucatu e região no período de jun/2011 a mai/2012 atingiu o total de 1.577,7 mm.ano<sup>-1</sup>, e a escala mensal (Figura 2) apresentou a ocorrência de maior pico de precipitação nos meses de out/2011 a abr/2012, quando ocorreram 91% da precipitação anual. Os meses secos apresentaram totais pluviométricos significativos para o período. O aumento das medidas mensais da V obtido em um único ponto (foz) no córrego da Cascata ocorreu no mesmo período de maior precipitação pluvial acrescido do mês subsequente (mai/2012).

A Tabela 1 apresenta setas que indicam o aumento ou a diminuição da V em relação ao mês anterior, sendo que a primeira medida (jun/2011) foi considerada em relação ao mês seguinte. Ocorreu o aumento de apenas cinco medidas da V

e o aumento do IP da região (jun/2011, ago/2011, out/2011, dez/2011 e jan/2012). Uma medida da V diminuiu com o aumento do IP (abr/2011); três medidas da V aumentaram com a diminuição do IP (set/2011, nov/2011 e mai/2012); e três medidas da V diminuíram com a diminuição do IP (jul/2011, fev/2012 e mar/2012).

No âmbito de uma bacia hidrográfica ocorre o efeito dos fatores intensidade das chuvas, topografia, escoamento superficial, tipo de solo, prática de manejo do solo, vegetação e sistema de drenagem, que afetam diretamente o nível e a localização do lençol freático, bem como o aumento ou a diminuição da V hídrica em um córrego.

A elevação do IP e a elevação da V geralmente ocorrem juntas e promovem a diluição das espécies químicas dissolvidas na água, mas isso não é uma relação direta. Com um alto IP, o aumento da V pode ser pontual ou mesmo não ocorrer. Pode também ser observado aumento da V mesmo com baixo IP se chover diretamente no ponto considerado, ou próximo a ele, pelo escoamento da água pelo solo. O alto IP pode não causar aumento da V se as chuvas não forem escoadas a partir da linha do divisor de águas, ou da cabeceira do curso d'água, ou se não ocorrerem no ponto considerado.

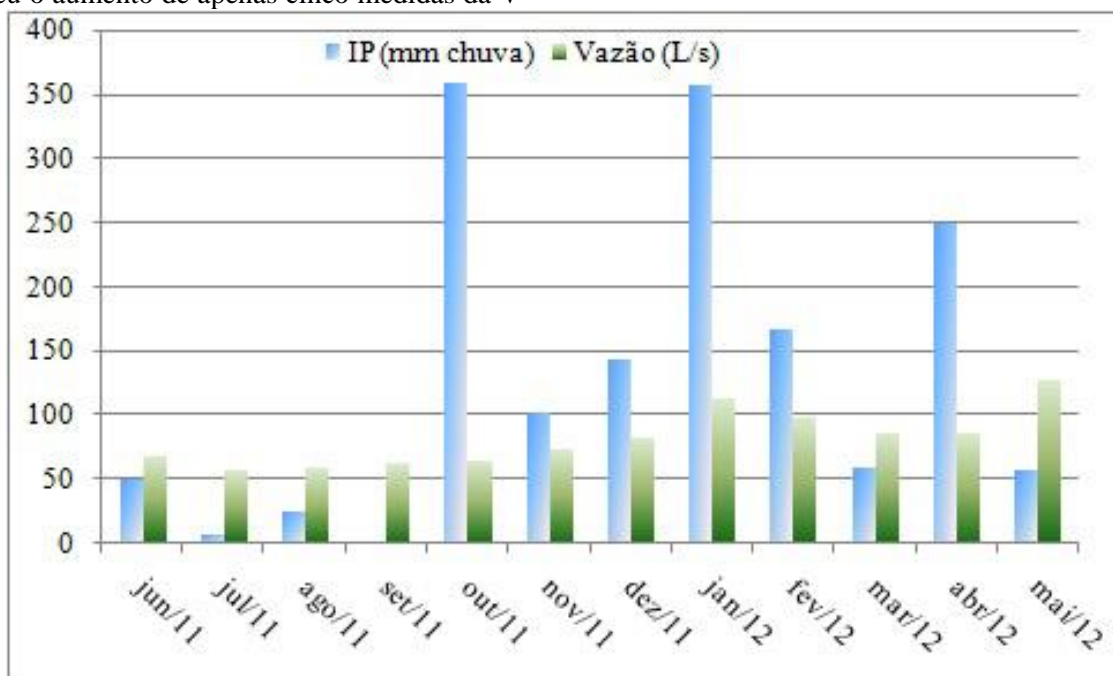


Figura 2. Totais pluviométricos (IP) mensais e V de jun/2011 a maio/2012. Dados do IP obtidos no Departamento de Recursos Naturais/Ciências Ambientais - FCA/Lageado/Unesp/Botucatu (SP).

**Tabela 1.** Avaliação da vazão (V) e das cargas orgânica (CO) e de nutrientes (CN<sub>T</sub> e CP<sub>T</sub>) na foz do córrego da Cascata.

Mês	Vazão	Índice	Carga	carga	Carga
	Foz	Pluviométrico	orgânica	nitrogênio	Fósforo
	(L.s <sup>-1</sup> )	(mm de chuva)	(g.s <sup>-1</sup> em COT)	(g.s <sup>-1</sup> em N <sub>T</sub> )	(g.s <sup>-1</sup> em P <sub>T</sub> )
jun/11	68,34 ↑	49,9 ↑	2,50 ↑	0,03 ↑	0,001 ↓
jul/11	56,88 ↓	7,00 ↓	0,80 ↓	0,02 ↓	0,001 =
ago/11	59,04 ↑	24,8 ↑	0,98 ↑	0,12 ↑	0,004 ↑
set/11	61,92 ↑	0,00 ↓	2,91 ↑	0,10 ↓	0,001 ↓
out/11	64,80 ↑	359,6 ↑	0,73 ↓	0,16 ↑	0,007 ↑
nov/11	72,86 ↑	102,5 ↓	1,26 ↑	0,29 ↑	0,034 ↑
dez/11	82,18 ↑	143,4 ↑	1,15 ↓	0,16 ↓	0,011 ↓
jan/12	113,4 ↑	357,3 ↑	1,67 ↑	0,03 ↓	0,014 ↑
fev/12	98,45 ↓	166,8 ↓	0,05 ↓	1,49 ↑	0,009 ↓
mar/12	86,56 ↓	58,9 ↓	1,27 ↑	0,02 ↓	0,003 ↓
abr/12	86,16 ↓	250,1 ↑	1,10 ↓	0,03 ↑	0,004 ↑
mai/12	127,78 ↑	57,4 ↓	1,79 ↑	0,05 ↑	0,001 ↓
Médias	81,53	131,4	1,35	0,21	0,007
kg.dia <sup>-1</sup>			9,51	1,48	0,050
kg.mês <sup>-1</sup>			285,29	44,38	1,560
ton.ano <sup>-1</sup>			3,42	0,53	0,019

Nos estudos de Groppo et al. (2005), sobre o IP e a V de bacias hidrográficas de médio e pequeno portes e com graus de intervenções antrópicas do interior do Estado de São Paulo, foram observados que a V tem sempre um atraso de, ao menos, 15 dias no início da seca com relação ao IP e, no início das chuvas, a recarga do lençol freático atrasa e a V ultrapassa a média no período de 15 dias a 2 meses.

Considerando que houve tempo suficiente para abastecer as reservas do lençol freático, após o início das chuvas, e quando este alimenta a nascente do curso d'água, a V de todo o curso d'água também sobe. Observa-se que, em mai/2012, o IP foi baixo, mas a V aumentou consideravelmente em detrimento do alto IP acumulado do mês anterior (abr/2012) (Figura 2). Isso justifica a baixa (ou falta de) correlação entre as medidas da V e o IP apresentadas na Figura 2 e Tabela 1, devendo-se considerar que o IP é o do mês e não do dia da coleta.

Em relação à CO, seis medidas aumentaram com o aumento da V (jun/2011, ago/2011, set/2011, nov/2011, jan/2012 e mai/2012), o que significa que o efeito do arraste de matéria orgânica pelo escoamento superficial das águas da chuva foi superior ao efeito de diluição, ou seja, tende à diminuição da capacidade da depuração da CO no córrego. Segundo Martinelli et al. (2002), na época de cheia, apesar da carga maior de sólidos, há uma quantidade maior de água disponível para diluição da CO,

consequentemente, a concentração de oxigênio dissolvido sobe. Além disso, de acordo com Matsumura-Tundisi (2006), apesar do efeito de diluição, as condições limnológicas do rio apresentam uma sensível melhora à medida que este se distancia da fonte difusa ou pontual, devido à sua alta capacidade depuradora.

Teodoro et al. (2013) simularam cenários hipotéticos de qualidade da água para estimar a capacidade de autodepuração e diluição de efluentes no rio Taquarizinho (MS) e observaram que o baixo V causa uma inadequada capacidade de suporte do rio. O aumento das V de diluição e a consequente disponibilidade hídrica promovem a capacidade de autodepuração do rio.

Nos meses de jul/2011, fev./2012 e abr/2012, as cargas orgânicas diminuíram com a redução da V, o que significa que tende à depuração, mesmo pelo baixo V. Duas medidas da CO diminuíram com o aumento da V (out/2011 e dez/2011), o que indica que houve diluição e a capacidade de depuração da CO, enquanto uma medida da CO apresentou aumento com a redução da V (mar/2012), indicando que não houve depuração e sim um aumento da concentração da matéria orgânica. Martinelli et al. (2002) observaram, em seus estudos, que em rios no interior do Estado de São Paulo, ao contrário da época de cheias (>V), as maiores concentrações de CO foram observadas no período de estiagem (<V), quando o aporte de sedimentos é menor, com maior

penetração de luz, aumento do oxigênio dissolvido e produtividade primária.

As medidas da CO (biodegradável e não biodegradável) em junho e setembro de 2011 (Tabela 1) foram maiores que as observadas nos demais meses (2,50 e 2,91 g.s<sup>-1</sup> em CO<sub>T</sub>, respectivamente). Em condições naturais, folhas, caules e raízes de árvores, arbustos, gramíneas e outras plantas nativas fornecem grandes quantidades de resíduos orgânicos para os sistemas aquáticos. Parte desses resíduos são biodegradados por organismos do solo e outra parte pode ser arrastada pela chuva ou pelo vento até os corpos d'água. A CO, calculada pela relação da V com a concentração do carbono orgânico total (CO<sub>T</sub>) da água, na foz da sub-bacia do córrego da Cascata foi, em média, de 9,51 kg.dia<sup>-1</sup>, com acumulado de 285,29 kg.mês<sup>-1</sup>, e, no período de 12 meses (jun/2011 a mai/2012), a carga apresentou 3,42 ton.ano<sup>-1</sup> (Tabela 1).

A carga estimada no Cascata (de 9,51 kg.dia<sup>-1</sup>) é pequena, quando compara aos dados obtidos para os rios do Alto Paranapanema SP. Segundo Martinelli et al. (2002), as cifras elevadas de CO na foz das sub-bacias variaram de 3375 a 88425 kg.dia<sup>-1</sup>, visto que são rios de grande porte (>V) e recebiam efluentes não tratados. Os corpos hídricos mais afetados foram os pequenos rios (<V) que recebem significativa quantidade de CO.

Em relação à CN, apesar das medidas serem baixas na maioria dos meses, cinco aumentaram com o aumento da V (jun/2011, ago/2011, out/2011, nov/2011 e mai/2012), duas diminuíram com a redução da V (jul/2011 e mar/2012), três medidas da CN diminuíram com o aumento da V (set/2011, dez/2011 e jan/2012), enquanto uma medida da CN apresentou aumento com a redução da V (fev/2012).

Estudos da dinâmica do nitrogênio em rios da América do Norte demonstraram que, em períodos favoráveis às atividades biológicas, ocorre rápida degradação desse elemento em rios de pequeno porte e, devido à sua degradação, é exportada menos da metade desse elemento oriunda da sub-bacia (Peterson et al., 2001). A CN obtida na foz do córrego da Cascata é significativa e, possivelmente, parte desse elemento foi degradado ao longo do seu percurso mesmo considerando a diluição provocada pelo IP.

Entre as medidas de CP, apesar das baixas concentrações, quatro aumentaram com o aumento da V (ago/2011, out/2011, nov/2011 e jan/2012), duas diminuíram com a redução da V (fev/2012 e mar/2012), quatro medidas da CP diminuíram com o aumento da V (jun/2011, set/2011, dez/2011 e mai/2012), enquanto uma

medida da CP apresentou aumento com a redução da V (abr/2012). Matsumura-Tundisi et al. (2006) revelam que a capacidade de retenção da CP no reservatório aumenta durante o período chuvoso, devido ao aumento da carga difusa e pontual sobre os rios tributários à montante.

Para efeito de comparação, os baixos valores de cargas diárias e V obtidos na foz do córrego da Cascata, apresentadas na Tabela 1 (valores médios de 1,48 kg.dia<sup>-1</sup> de CN e 0,05 kg.dia<sup>-1</sup> de CP e uma V média de 81,53 L.s<sup>-1</sup>), Vital e Neto (2014), obtiveram em ambiente considerado extremamente eutrófico 332,65 kg.dia<sup>-1</sup> de CN e 76,87 kg.dia<sup>-1</sup> de CP uma V média de 8.000 L.s<sup>-1</sup> na entrada do açude Gavião, no Ceará. Em se estabelecendo relação entre vazões e cargas dos dois compartimentos (córrego do Cascata/açude Gavião), e considerando hipoteticamente a V de entrada do açude 100 vezes menor (80,0 L.s<sup>-1</sup>), a medida da V estaria próximo à do Cascata (81,53 L.s<sup>-1</sup>) e, mesmo assim, a CN do açude Gavião seria mais que o dobro (3,32 kg.dia<sup>-1</sup>) e a CP 15,4 vezes maior (0,77 kg.dia<sup>-1</sup>) que a carga diária do Cascata. Martinelli et al. (2002) também revelaram elevados valores em rios que recebiam esgoto não tratado no Alto Paranapanema, cujas cifras da CN variaram de 11 a 21957 kg.dia<sup>-1</sup>. Diferentes dos rios de menor porte, os rios maiores apresentaram concentração de nitrogênio não tão elevados nos trechos mais poluídos, devido ao efeito de diluição (>V).

Ao se comparar os dados do córrego do Cascata às cargas de nutrientes e V quantificados nos rios da região (Capivara e Lavapés), que também têm como destino à represa de Barra Bonita, no rio Tietê, o Lavapés recebia efluente não tratado da cidade de Botucatu, e o Capivara recebia apenas poluição rural (Valente et al., 1997). Sendo assim, a medida média da V na foz do Lavapés foi de 1042 L.s<sup>-1</sup> e na foz do Capivara foi de 1891 L.s<sup>-1</sup>, cujas cargas de nutrientes estimadas respectivamente foram 270 kg.dia<sup>-1</sup> e 98 kg.dia<sup>-1</sup> de CN e 29,7 kg.dia<sup>-1</sup> e 18 kg.dia<sup>-1</sup> de CP. Observou-se que o Lavapés e o Capivara apresentaram V respectivamente 23 e 13 vezes maior em relação ao Cascata. Desta maneira, considerando hipoteticamente as medidas da V desses rios próximos ao do Cascata, a CN do Lavapés ainda seria 14 vezes maior e o do Capivara quase 3 vezes maior, bem como o CP do Lavapés seria 46 vezes e o do Capivara quase 16 maior em relação ao Cascata.

Após o tratamento de esgoto, os valores das cargas de nutrientes do Lavapés continuavam elevados em relação às cargas do rio Capivara, que se apresentaram inferiores a 95% de CN e

37% de CP (Valente e Traficante, 2008). Mesmo assim, o rio Capivara apresenta carga superior à do córrego da Cascata, por estar inserido em uma sub-bacia rural, de maior tamanho, de maior rede de drenagem e de maior V.

Moretto e Nogueira (2003) também avaliaram a carga de nutrientes na desembocadura dos rios Lavapés e Capivara junto ao reservatório de Barra Bonita, confirmando os dados citados anteriormente e que o Lavapés contribui mais para a eutrofização nesse reservatório em relação ao Capivara. O córrego da Cascata, assim como o rio Capivara, não recebe efluente urbano, mas a sua carga de nutrientes foi significativamente inferior à do Capivara, principalmente por ter uma menor V. A CP obtida no Cascata apresentou-se em níveis considerados baixos na maioria das coletas, mas a CN, em comparação com os resultados obtidos nos rios da região, foi elevada.

Nos estudos de Belluta (2012), na região de Botucatu, identificou-se que o aporte das cargas de CN, CO e CP na sub-bacia do córrego do Cintra provém de contaminação pontual e difusa, enquanto a represa de Barra Bonita recebe aporte de todas as sub-bacias afluentes do rio Tietê e poluição principalmente da cidade de São Paulo. Segundo os dados da ANA (2012), na região da represa de Barra Bonita, foi observado florações de fitoplâncton causadas pelo aporte de CP oriundo de efluentes da Região Metropolitana de São Paulo, bem como as contribuições das sub-bacias localizadas ao longo do percurso do rio Tietê, causando impactos para os usos de abastecimento doméstico, recreação e preservação das comunidades aquáticas.

#### *Qualidade da água na foz da sub-bacia do córrego da Cascata*

A Resolução 357 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), Art. 42 (Brasil, 2005), estabelece para cursos d'água doce, mesmo sem os respectivos enquadramentos, como é o caso do córrego da Cascata, os índices de padrões de qualidade de água da classe II, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o

que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Os resultados das concentrações do  $P_T$  no período estudado (jun/2011 a mai/2012), apresentados na Figura 3, foram altos ( $<0,47$  e  $>0,1$   $mg.L^{-1}$ ) nos meses de out/2011 a fev/2012, considerando que a Resolução do CONAMA (Brasil, 2005) estabelece uma concentração de até  $0,1$   $mg.L^{-1}$  para ambientes lóticos. Os menores valores para o  $P_T$  ocorreram nas demais amostragens.

Considerando o  $N_T$ , o CONAMA não estabelece o limite para a concentração total, mas estabelece as concentrações de duas importantes frações do nitrogênio, o nitrato e o nitrito, com concentrações máximas permitidas de 10 e 1  $mg.L^{-1}$  respectivamente (Brasil, 2005). As concentrações maiores obtidas do  $N_T$  foram no período de out. a dez/2011 e fev/2012, cujo regime de chuvas foi maior (Figura 3). Isso pode ser justificado pela possibilidade de o carreamento provocado no período de chuvas por escoamento superficial ter sido maior que o efeito de diluição.

De acordo com Bussab e Morettin (2003), a análise estatística descritiva do  $P_T$  e do  $N_T$  (Tabela 2) apresenta uma variabilidade alta, pois os coeficientes de variação foram de 136,7% e 95,1%, respectivamente, em relação aos demais parâmetros. Esse aumento ocorreu devido aos possíveis lançamentos de efluente pontual que comprometeram a qualidade da água próximo à realização da coleta.

Os parâmetros analisados na Figura 4 estão relacionados ao aumento da  $DBO_{5,20}$  (indicador da concentração da matéria orgânica biodegradável), que provoca uma demanda de oxigênio e pode causar a diminuição do pH através do produto da biodegradação, gás carbônico/ácido carbônico.

Os maiores valores de pH, acima de 7,1, foram registrados quando as  $DBO_{5,20}$  foram muito baixas, abaixo de  $1$   $mgO_2.L^{-1}$ , devido à não formação significativa de gás carbônico/ácido carbônico. Os valores de pH estiveram dentro dos limites máximo permitidos ( $>6$  e  $<9$ ) (Brasil, 2005), que indicam os critérios de proteção à vida aquática.



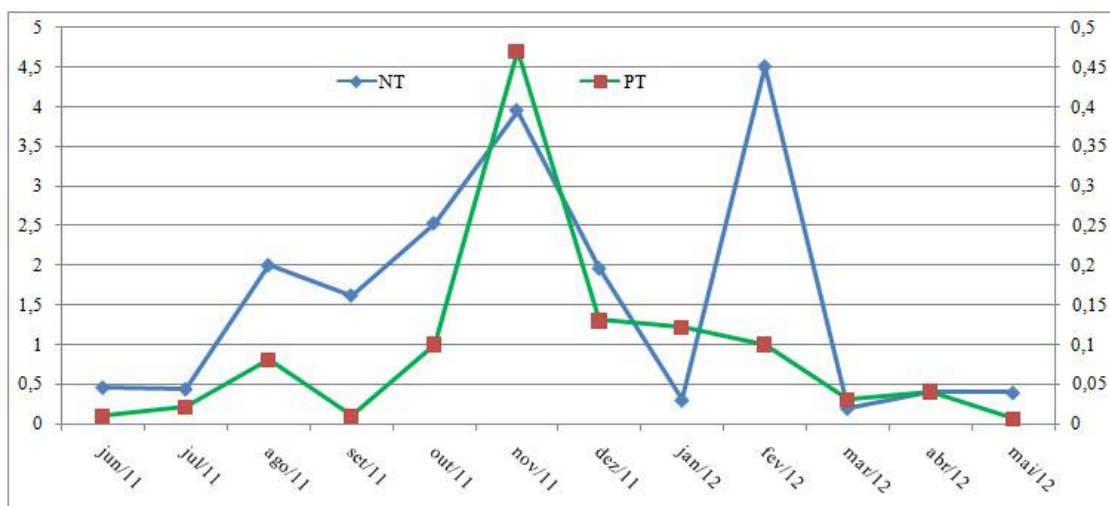


Figura 3. Variação das concentrações de nutrientes na foz do córrego da Cascata. À direita, escala do elemento P<sub>T</sub> e, à esquerda, do N<sub>T</sub>; ambos os elementos obtidos em mg.L<sup>-1</sup>.

Tabela 2. Estatística descritiva referente às variáveis de qualidade de água do córrego da Cascata

	P <sub>T</sub>	N <sub>T</sub>	pH	DBO	COT	OD	Cl	CE	Termotolerante (x10 <sup>2</sup> )
Média	0,1	1,6	7	2,3	19,1	6,7	3,7	92,3	113,6
Desvio-padrão	0,13	1,49	0,23	2,11	10,95	1,59	2,41	10,61	313,42
Coef. variação	136,7	95,1	3,3	90,9	57,4	23,6	65	11,5	275,9
Mínimo	0	0,2	6,8	0,4	11,3	4	1,5	75	0
Máximo	0,5	4,5	7,4	6,2	47	9,5	8,5	116,5	1100
Mediana	0,1	1	7	1,2	14,7	6,7	2,4	90,7	7,8

Em jun/2011 a concentração do CO<sub>T</sub> estava relativamente alta, 36,5 mgC.L<sup>-1</sup> (ou 97,45 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> – um átomo de carbono consome uma molécula de oxigênio, a relação molar O<sub>2</sub>/C é 32/12 = 2,67), e o OD estava alto, acima de 9,1 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> (supersaturado); a concentração da DBO<sub>5,20</sub> estava inferior a 1,0 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> (excelente para um curso d’água), isso significa que a matéria orgânica total medida pelo CO<sub>T</sub> é não biodegradável, possivelmente devido ao arraste de vegetação com componentes não biodegradáveis.

Em set/2011, o IP foi zero (Figura 2) e coincide com um aumento da concentração de matéria orgânica, 47,0 mgC.L<sup>-1</sup> (= 125,49 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>), e com DBO<sub>5,20</sub> pouco acima de 5 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, o que significa que mais da metade do CO<sub>T</sub> não era biodegradável. O pH estava ligeiramente acima de 7,0, ou seja, favorável ao início de desenvolvimento de atividade microbológica, biodegradação da matéria orgânica e diminuição do OD à jusante.

A matéria orgânica dissolvida na água, com o tempo, promoverá maior depleção do OD pela atividade microbiana. O OD começa a aumentar novamente com a introdução de oxigênio na água por meio da turbulência no córrego e, conseqüentemente, ocorre diminuição do número de microrganismos pela escassez de matéria orgânica (autodepuração). Houve considerável

assimilação da matéria orgânica biodegradável pelo curso d’água. A partir de out/2011, a DBO<sub>5,20</sub> caiu para 3 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, e a partir desse mês houve um aumento gradativo do OD para próximo de 7,5 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> até o mês final das medidas, mai/12.

A análise estatística descritiva (Tabela 2) revela que o pH apresentou uma variabilidade bem baixa, cujo coeficiente de variação foi 3,3%. A DBO<sub>5,20</sub> teve também uma variabilidade considerável (90,9%), apresentando altos valores de agosto a nov/2011 (Figura 4). Da mesma forma, o CO<sub>T</sub> apresentou coeficiente de variação de 57,4%, com pico mostrado em set/2011; e o OD apresentou, nesse mês, uma variabilidade não tão alta (23,6%), mas apresentou maiores valores em jun. e jul/2011.

Em set/2011, ocorreu um aumento significativo da CO (Figura 4), como mostrado, possivelmente não biodegradável e com arraste de substâncias de origem antrópica ou de animais domésticos, pois o nível de coliformes termotolerantes (CT) foi de 1,1 x 10<sup>5</sup> NMP (Número Mais Provável). Em out/2011, esse índice esteve na ordem de 1,5 x 10<sup>4</sup> NMP (Figura 5). A análise estatística descritiva (Tabela 2) apresenta a variação excessiva por causa do alto valor citado anteriormente. Esses valores superaram o limite máximo permitido para balneabilidade, que não deve exceder 1250 NMP

em pelo menos 80% de um conjunto de amostras no período de um ano para ser considerado de

qualidade “Excelente” (Brasil, 2005).

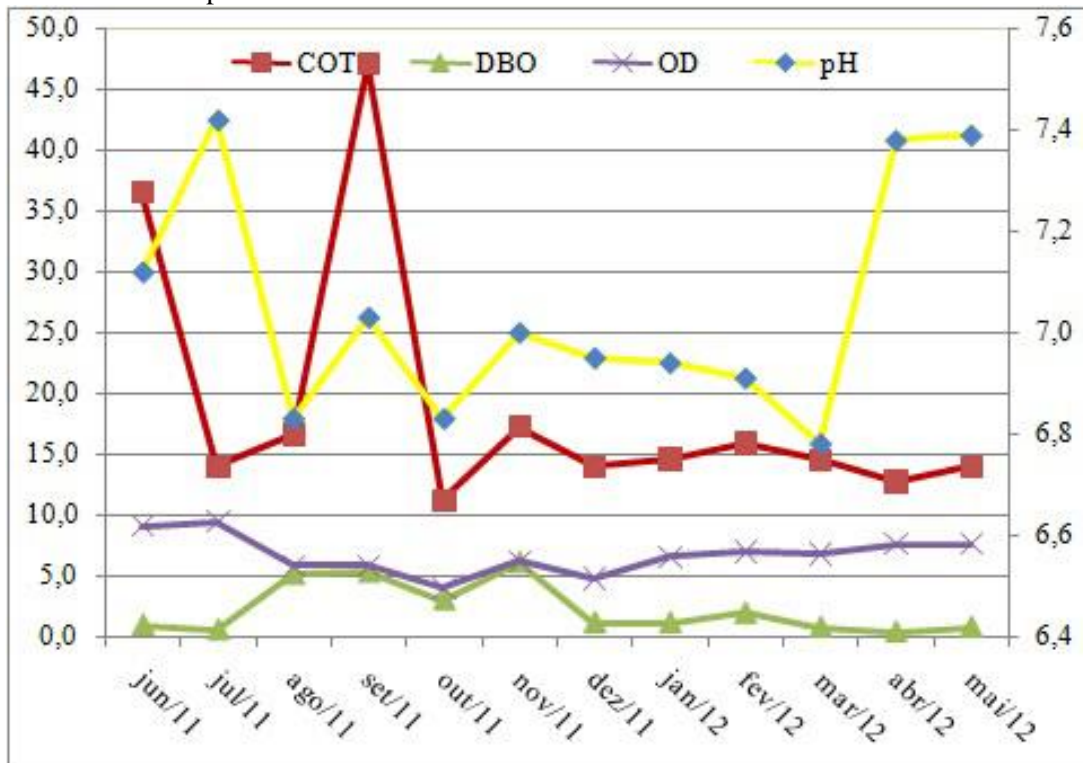


Figura 4. Variação da concentrações do CO<sub>T</sub>, DBO<sub>5,20</sub>, OD e medida do pH na foz do córrego da Cascata. À direita está a escala da medida do pH e à esquerda a escala dos outros parâmetros obtidos em mg.L<sup>-1</sup>.

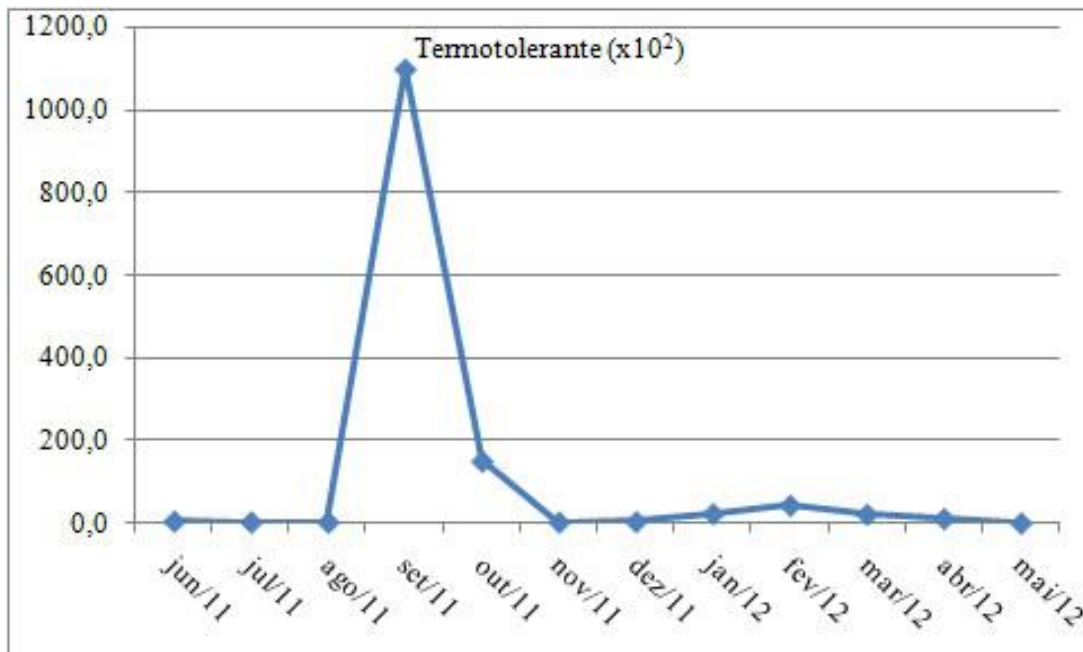


Figura 5. Variação do NMP (Número Mais Provável) de CT na foz do córrego da Cascata.

Entre agosto e dez/2011, constatou-se uma relativa elevação da concentração de cloreto (Cl) com níveis que variaram de 4,8 a 8,5 mgCl.L<sup>-1</sup> (Figura 6). Nas demais coletas, os valores foram inferiores a 2,5 mgCl.L<sup>-1</sup>. A análise descritiva desse parâmetro mostra uma variabilidade não tão

pequena (65%) (Tabela 2). O cloreto é utilizado como indicador de contaminação por efluente sanitário e em geral não participa significativamente dos ciclos biogeoquímicos, sendo considerado um elemento conservativo (Carmouze, 1994) e, de acordo com Brasil (2005),

o nível máximo permitido em águas doces da Classe II é de 250 mgCl.L<sup>-1</sup>.

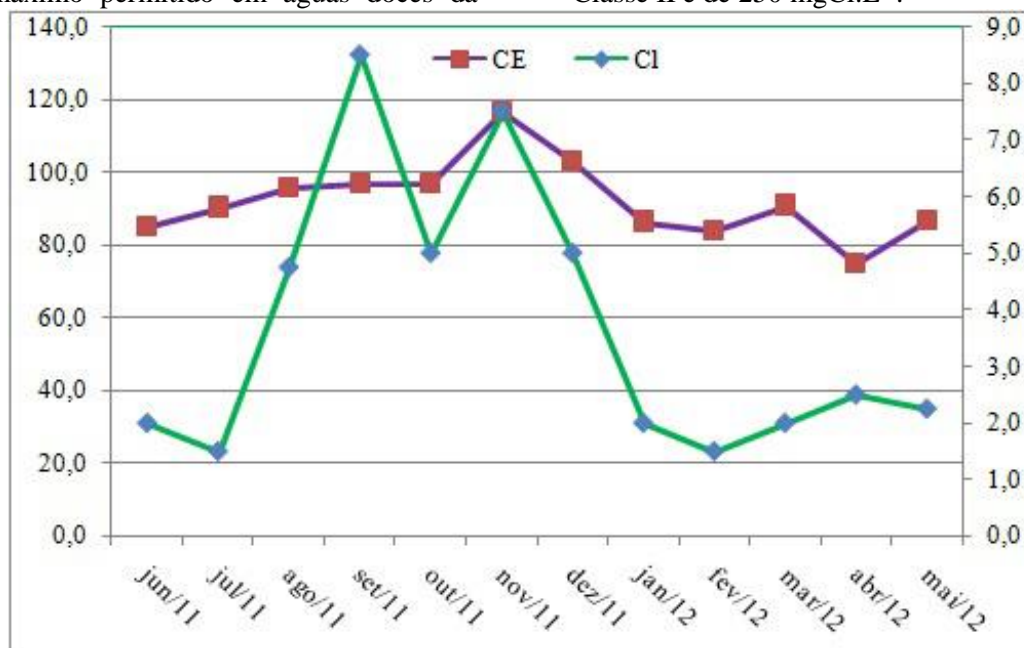


Figura 6. Variação da condutividade elétrica (CE) e do cloreto em mg.L<sup>-1</sup> (Cl) na foz do córrego da Cascata. À esquerda está a escala da CE (μS.cm<sup>-1</sup>) e à direita a do Cl (mg.L<sup>-1</sup>).

A condutividade elétrica (CE) é um indicador da concentração total dos íons na água. O córrego da Cascata apresentou, somente nas coletas de nov. e dez/2011, valores acima de 100 μS.cm<sup>-1</sup>, considerados pela CETESB (2013) indicadores de ambientes possivelmente impactados. A análise estatística descritiva para a CE apresentou baixo coeficiente de variação: 11,5% (Tabela 2).

*Influência do córrego da Cascata na qualidade da água do córrego Água Fria*

A Figura 1 apresenta a sub-bacia do córrego da Cascata como tributário do córrego Água Fria. Os dados obtidos pela SOSCUESTA (2013), conforme a Tabela 3, apresentam que não houve

nota RUIM nem PÉSSIMA nos três pontos de coleta de água. O IQA-NSF apresentado demonstra que a qualidade da água do córrego Água Fria (Pm) é pior em relação à da foz do córrego da Cascata por não apresentar nota ÓTIMA e apresentar maior porcentagem da nota ACEITÁVEL, com 34% em relação ao córrego da Cascata (17%). Em contrapartida, as águas do córrego da Cascata, estando em melhores condições de qualidade, serviram para diluir as do córrego Água Fria, cuja resultante foi 8% das amostras de nota ÓTIMA, 25% de ACEITÁVEL e sensível baixa da nota BOA (58%), o que indica melhor qualidade.

Tabela 3. Comparação entre o Índice de Qualidade de Água (IQA) nos três pontos de coleta nas sub-bacias do córrego da Cascata e do córrego Água Fria.

Pontos de amostragem/Notas (%)	ÓTIMA	BOA	ACEITÁVEL
Fóz do córrego do Cascata	8	75	17
Pm do córrego Água Fria	Ausente	66	34
Pr do córrego Água Fria	8	58	25

\*O IQA-NFS foi estabelecido com base nas faixas usadas pela CETESB. Fonte: SOSCUESTA (2013).

## Conclusões

De acordo com os dados obtidos e discutidos no presente estudo, obteve-se as seguintes conclusões:

1- A V média mensal na foz do córrego da Cascata no período estudado foi de 81,5L.s<sup>-1</sup>. Quanto às cargas obtidas no período, a de CO foi 1,35g.s<sup>-1</sup> em CO<sub>T</sub> ou 3,6g.s<sup>-1</sup> em OD; a CN foi de 0,21g.s<sup>-1</sup>; e a CP, de 0,007g.s<sup>-1</sup>.

2- As medidas de CE da água do córrego da Cascata, que é indicador das concentrações de todos os íons, ocorreram somente nos meses de nov. e dez/2011, pois passaram de 100 µS.cm<sup>-1</sup>, valor esse considerado indicio de impacto no período de estudo. A presença de coliformes termotolerantes só foi preocupante em uma amostragem.

3- O córrego da Cascata apresenta boa qualidade de água, de acordo com os valores dos parâmetros analisados e com a legislação vigente, e eventuais lançamentos de resíduos são facilmente assimilados e passíveis de controle.

4- O córrego Água Fria apresenta qualidade de água pior, mesmo recebendo as águas de boa qualidade do Cascata, conforme observado no ponto receptor (Pr). Embora sejam baixas, as cargas apresentadas na sub-bacia do córrego da Cascata podem contribuir no processo de eutrofização do reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê (SP).

## Agradecimentos

Os autores agradecem à ONG SOS Cuesta de Botucatu e à empresa patrocinadora Petrobras pela realização do projeto de grande relevância regional intitulado Caracterização, Revitalização e Planejamento Ambiental do Córrego da Cascata e pelo apoio financeiro à elaboração da presente publicação.

## Referências

Adad Tajra, J.M., 1982. Controle químico da qualidade de água. Rio de Janeiro: Guanabara Dois. pp. 34-35.

ANA. Agência Nacional de Águas., 2012. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil 2012. Brasília.

Belluta, I., 2012. Caracterização fitossociológica da vegetação ripária e qualidade da água do córrego do Cintra (Botucatu) em função da ação antrópica. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências

Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Belluta, I., Jesus, S.A., Vieira, M.P., Cardoso, L.G., Campos, S., Valente, J.P.S., 2014. Assoreamento de um lago na sub-bacia do córrego da Cascata, em Botucatu-SP: Implicações morfométricas. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, 15, 172-186.

Braga, B., Hespanhol, I., Conejo, J.G.L., Barros, M.T.L., Spencer, M., Porto, M., Nucci, N., Juliano, N., Eiger, S., 2003. Introdução à engenharia ambiental. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall. Brasil., 2005. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 357, de 17 março de 2005. Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso: 15 fev. 2015.

Bussab, W.O., Morettin, P.O., 2003. Estatística básica; métodos quantitativos. 5. ed. São Paulo: Saraiva.

Carmouze, J.P., 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. São Paulo: Edgard Blücher/ Fapesp. 254 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental., 2013. Variáveis de qualidade de água. São Paulo, 2013. Disponível: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp>. Acesso: 03 fev. 2015.

\_\_\_\_\_. 1989. Determinação de oxigênio dissolvido: método de Winkler modificado pela azida sódica. São Paulo.

Egborge, A.B.M., 1990. Eutrophication of Nigeria's lake Asejire. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebnisse der Limnologie ERLIA*, 33, 793-802.

Figueiredo, R.O., Ovalle, A.R.C., Rezende, C.E., Martinelli, L.A., 2011. Carbon and Nitrogen in the Lower Basin of the Paraíba do Sul River, Southeastern Brazil: Element fluxes and biogeochemical processes. *Revista Ambiente & Água*, 6, 7-37.

Golterman, H.L., Clymo, R.S., Ohnstad, M.A.M., 1991. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Grallhóz, G., Nogueira, M.G., 2006. Eutrofização e contaminação crônica de um riacho de Cuesta (Córrego do Cintra) e avaliação do sistema de tratamento de esgotos., pp. 119-140. In: Tundisi, Matsumura-Tundisi, Galli, (eds.). Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle. EUTROSUL – Rede Sul-Americana de eutrofização (IIE, IIEGA).

- Greengerg, A.E., Rice, E.W., Ciesceri, L.S., Eaton, A.D., 2005. Standard methods for examination of water and wastewater. 21<sup>th</sup> ed. Washington: American Water Works Association and Water Pollution Control Federation.
- Grosso, J.D., Moraes, J.M., Beduschi, C.M., Martinelli, L.A., 2005. Análise de séries temporais de vazão e precipitação em algumas bacias do Estado de São Paulo com diferentes graus de intervenções antrópicas. *Rev. Geociências*, 24,181-193.
- Hodgkin, E.P., Hamilton, B.H., 1993. Fertilizers and eutrophication in southeastern Australia: Setting the scene. *Fertili. Res*, 36, 95-103.
- Martinelli, L.A., Silva, A.M., Camargo, P.B., Moretti, L.R., Tomazelli, A.C., Silva, D.M.L., Fischer, E.G., Sonoda, K.C., Salomão, M.S.M.B., 2002. Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do Estado de São Paulo. *Biota Neotrópica*, 2, 1-18.
- Matsumura-Tundisi, T., Luzia, A.P., Tundisi, J.G., 2006. Estado trófico dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Tietê (SP) e manejo para o controle da eutrofização, pp. 141-160. In: Tundisi, Matsumura-Tundisi, Galli, (eds.). *Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias para gerenciamento e controle. EUTROSUL – Rede Sul-Americana de eutrofização (IIE, IIEGA)*.
- Metrohm Ltda., 2005. User manual portuguese: Metrohmíonchromatography, metrodate IC Cap 2.2, Herisau, Switzerland, 17 p.
- Moldan, B., Cerny, J., 1994. Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research. Chichester: John Wiley e Sons. 419.
- Moreto, E.M., Nogueira, M.G., 2003. Physical and chemical characteristics of Lavapés and Capivara Rivers, tributaries of Barra Bonita Reservoir (São Paulo – Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 15, 27-39.
- Peterson, B.J., Wollheim, W.M., Mulholland, P.J., Webster, J.R., Meyer, J.L., Tank, J.L., Marti, E., Bowden, W.B., Valett, H.M., Hershey, A.E., McDowell, W.H., Dodds, W.K., Hamilton, S.K., Gregory, S., Morrall, D.D., 2001. Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams. *J. Science*. 292, 86-90.
- Pinto, N.S., Holtz, A.C.T., Martins, J.A., Gomide, F.L.S., 2011. Hidrologia básica. São Paulo: Blucher.
- Nuvolari, A., Telles, D.D., Ribeiro, J.T., Miyashita, N.J., Rodrigues, R.B., Araújo, R., 2003. As diversas opções de tratamento do esgoto sanitário. São Paulo: Blucher.
- Rocha, S.A., Lougon, M.S., Garcia, G.O., 2009. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. *Rev. Verde*. 4, 01-06.
- Shimadzu Corporation., 2001. User manual: TOC-V CPH/TOC-VCPN Total Organic Carbon Analyzer and the TOC Control V software. Kioto.
- Valente, J. P. S., Traficante, D. P. 2008. Qualidade da água – Ribeirão Lavapés, p. 98-117. In: Silva, Orsi, Chinelato. Lavapés, água e vida: nos caminhos da educação ambiental. 1ª Ed. Botucatu: SABEP.
- SOSCUESTA., 2013. SOS Cuesta de Botucatu. Córrego da Cascata: um rio limpo na área urbana de Botucatu. Botucatu.
- Souza, W.F.L., Medeiros, P.R.P., Brandini, N. Knoppers, B., 2011. Impactos de barragens sobre fluxos de materiais na interface continente-oceano. *Rev. Virtual Quím.* 3, 116-118.
- Teodoro, A., Ide, C.N., Ribeiro, M.L., Broch, S.A.O., Silva, J.B., 2013. Implementação do conceito Capacidade de Diluição de Efluentes no modelo de qualidade da água QUAL-UFMG: estudo de caso no Rio Taquarizinho (MS), *Eng. Sanit. Ambient.* 18, 275-288.
- Tundisi, J.G., Matsumura-Tundisi, T., 1990. Limnology and eutrophication of Barra Bonita reservoir, S. Paulo State, Southern Brazil. *Arch Hydrobiol. Beith Ergebn Limnol.* 33, 661-676.
- Tundisi, J.G., Abe, D.S, Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J.E.M., Vannucci, D. 2006. Reservatórios da região metropolitana de São Paulo: conseqüências e impactos da eutrofização e perspectivas para o gerenciamento e recuperação., pp. 103-117. In: Tundisi, Matsumura-Tundisi, Galli, (eds.). *Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias para gerenciamento e controle. EUTROSUL – Rede Sul-Americana de eutrofização (IIE, IIEGA)*.
- Valente, J.P.S., Padilha, P.M., Silva, A.M.M., 1997. Contribuição da cidade de Botucatu SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. *Eclética Química*. 22, 31-48
- Valente, J. P. S., Traficante, D. P. 2008. Qualidade da água – Ribeirão Lavapés, pp. 98-117. In: Silva, Orsi, Chinelato. Lavapés, água e vida: nos caminhos da educação ambiental. 1ª Ed. Botucatu: SABEP.

Vidal, T.F., Neto, J.C., 2014. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárido utilizando balanço de massa. *AGRIAMB*. 18, 402-407.

Zhu, X., Hou, R., 1990. A prediction on eutrophication of reservoir Yuqiao. *Arch. Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie ERLIA*. 33, 783-792.