

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO SÃO CAETANO-BOTUCATU-SP

Ivan Fernandes de **Souza**¹, Sergio Augusto **Rodrigues**²

(1 - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, docente dos cursos de Agronegócios, Logística e Análise de Desenvolvimento de Sistemas, isouza@fatecbt.edu.br, 2 – Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP Botucatu, Docente do Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia, sergioar@fca.unesp.br)

Resumo: A qualidade da água do Córrego São Caetano no Município de Botucatu foi analisada a partir dos parâmetros físico-químicos: temperatura do ar e da água, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), carbono orgânico total (COT) e nitrogênio. O estudo foi realizado no período de novembro de 2010 a setembro de 2011, com coletas bimestrais em quatro pontos de amostragem, em duas estações: chuvosa e seca, com a intenção de detectar possíveis alterações ao longo do sistema hídrico. De uma forma geral, o córrego pode ser enquadrado na classe 3. Observou-se a predominância de pH ácido na estação chuvosa e básico na seca, contribuindo para diluição ou concentração de sais. Comprometendo a qualidade da água para zona rural, normalmente utilizada para irrigação de culturas e dessedentação animais, destacam-se CE, apresentando valor médio no ponto P1 de $327,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e o OD no ponto P4 com concentração de $1,383 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$. Os demais parâmetros não apresentaram valores que comprometem a concentração de poluentes.

Palavras chaves: Água, Recursos hídricos, Parâmetros físico-químicos.

SÃO CAETANOSTREAM WATER QUALITY ASSESSMENT IN BOTUCATU-SP

Abstract: Water quality of São Caetanostream in Botucatu-SP was analyzed considering physicochemical parameters as air and water temperatures, hydrogen potential (pH), electrical conductivity (EC), turbidity, dissolved oxygen (DO), oxygen biochemical demand (BOD), total organic carbon (TOC) and nitrogen. The study was conducted from November 2010 to September 2011, bimonthly collecting in four sampling points in two seasons: rainy and dry,

aiming at detecting possible changes throughout the water system. The stream is rated Class 3. There was predominance of acid pH in wet season and base pH in drought thus contributing for salt dilutions or concentrations. This may damage the waterquality of rural area usually used for crop irrigation and animal consumption, highlighting EC with average value at P1 point of $327.4 \mu \text{S.cm}^{-1}$ and DO at P4 point with $1,383 \text{ mg O}_2\text{L}^{-1}$ concentration. The other parameters did not show values that impair pollutant concentrations. The other parameters did not show values that impair pollutant concentrations.

Keyword: Water-analysis, Water Resources, physicochemical parameters

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA SECUENCIA DEL AGUA SÃO CAETANO-BOTUCATU-SP

Resumen: La calidad del agua de la corriente de Sao Caetano en Botucatu se analizó a partir de los parámetros físico-químicos: temperatura del aire y del agua, el potencial hidrogeniónico (pH), conductividad eléctrica (CE), turbidez, oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de carbono orgánico total (TOC) y nitrógeno. El estudio se realizó entre noviembre de 2010 y septiembre de 2011, con recolecciones de dos veces al mes en cuatro puntos de muestreo en dos estaciones: lluviosa y seca, con la intención de detectar posibles cambios en todo el sistema de agua. En general, la corriente puede clasificarse en la clase 3. Había un predominio de pH ácido en el tiempo húmedo y pH básico en la seca, lo que contribuye a la dilución o concentración de sales. Esto compromete la calidad del agua para las zonas rurales, que normalmente se utiliza para el riego de los cultivos y el consumo de los animales, destacando el CE, con valor medio en el punto P1 de $327,4 \mu \text{S.cm}^{-1}$ y OD en el punto de concentración de P4 $1.383 \text{ mg O}_2\text{L}^{-1}$. Los otros parámetros no mostraron valores que comprometen la concentración de contaminantes.

Palabra-clave: Agua, recursos de agua, parámetros químicos y físicos.

Introdução

Os recursos hídricos têm importância fundamental na sobrevivência da humanidade, pois a água potável é essencial para o abastecimento público, o uso agropastoril, comercial, industrial e serviços, os quais são necessários ao crescimento e desenvolvimento de um País.

A causa da escassez de água é atribuída à má distribuição da densidade populacional, que cresce e concentra-se em áreas, cujas necessidades não são suficientemente atendidas pela

distribuição hídrica, destacando-se a crescente degradação da qualidade da água nessas regiões (TELLES e COSTA, 2007).

O problema da qualidade da água tem sido objeto de preocupação nas últimas décadas, em países industrializados, tornando-se mais grave nos centros industriais e urbanos em função de uma crescente demanda hídrica, resultante da expansão populacional e da evolução do comportamento consumista da sociedade atual.

A qualidade da água está associada ao uso através de requisitos mínimos exigidos para cada tipo de aplicação, embasados por suporte legal, determinado pela legislação, apresentados na Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

A relação qualidade e aplicação deve contemplar o conceito de sustentabilidade, viabilização técnica, fator econômico e política ambiental (COSTA, 2007).

Segundo Conte e Leopoldo (2001), a bacia hidrográfica do Rio Pardo abastece de água potável as cidades de Botucatu e Pardinho, tanto para consumo humano quanto para irrigação e dessedentação animal. Neste contexto, o córrego São Caetano apresenta-se como mais uma alternativa que contribui para o abastecimento de água à zona rural no Município de Botucatu.

A preservação da água doce de um córrego justifica a importância de pesquisas a respeito de parâmetros destinados ao controle, monitoramento, reconhecimento de áreas e avaliações de contaminantes provenientes de atividades e interferências antrópicas.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água do córrego São Caetano por meio dos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio) e da determinação das espécies de carbono orgânico total e nitrogênio total em quatro pontos de amostragem, na área urbana do Município de Botucatu, durante as estações predominantemente de seca e chuvosa.

Materiais e Método

Área de Estudo

A microbacia do Córrego São Caetano situa-se no Município de Botucatu, com uma área de 3316,95 ha, entre as coordenadas geográficas: 22°46'21'' e 22°52'32'' de latitude S e 48°26'25'' a 48°29'27'' de longitude WGr.

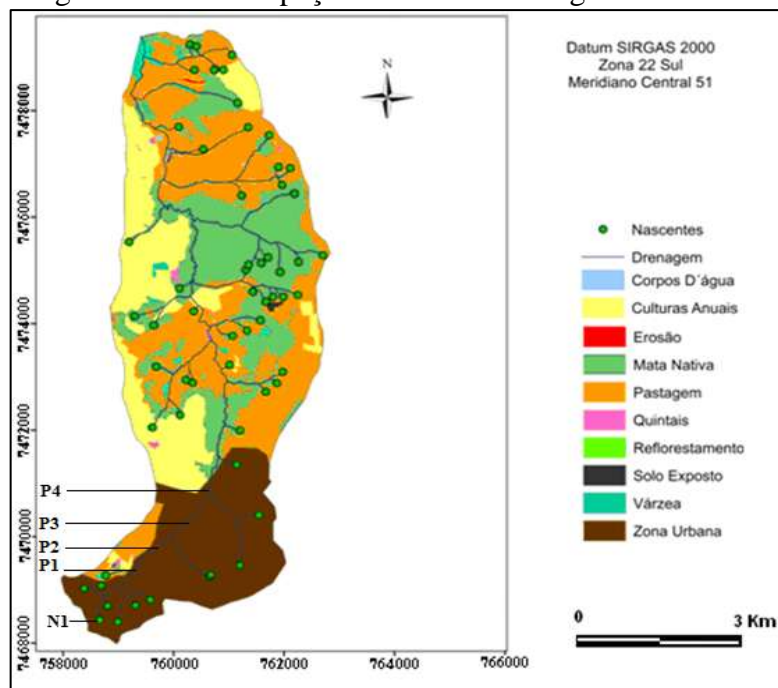
Castro (2003) discorre sobre a drenagem da região de depressão periférica e afluentes, inferindo que os rios que nascem na “Cuesta” deságuam paralelamente na bacia do rio Tietê (microbacia do Rio Capivara) e na bacia do rio Paranapanema (microbacia do Rio Pardo).

A nascente do córrego São Caetano situa-se no distrito industrial I, do Município de Botucatu, SP, que segundo Silva (1999), sua sede está localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 22° 52' S e 48° 26' WGr.

O córrego São Caetano possui importância regional, por abastecer de água o setor agrícola, na dessedentação de animais, no uso doméstico, recreação e lazer. Afluente do ribeirão córrego Fundo e do rio Araquá, ambos deságuam no rio Capivara, que segundo Uieda e Barretto (1999) é o mais importante afluente à margem esquerda da bacia do Médio Tietê.

Na Figura 1 apresenta-se o uso e ocupação do solo, com a zona urbana e rural, complementada pela Tabela 1 que apresenta as áreas e porcentagens do uso e ocupação do solo correspondentes (MILLANI, 2012).

Figura 1. Uso e ocupação do solo do córrego São Caetano



Fonte: Millani (2012)

Observa-se na Tabela 1, que 34% da área do córrego São Caetano é ocupada por pastagem, seguida por mata, área urbana e culturas agrícolas, 24,31%, 21,42% e 17,53% respectivamente.

Tabela 1. Áreas e porcentagens do uso e ocupação do solo

Usos	Área	
	(ha)	(%)
Corpos d'água	4,70	0,14
Várzea	49,48	1,49
Mata	806,33	24,31
Culturas	581,50	17,53
Pastagem	1.146,17	34,56
Quintais	11,14	0,34
Área urbana	710,58	21,42
Erosão	1,40	0,04
Reflorestamento	0,69	0,02
Solo exposto	3,62	0,11
Edificações	1,34	0,04
Total	3.316,95	100,00

Periodicidade e amostragem

As coletas foram realizadas no período de novembro de 2010 a setembro de 2011, das 8h às 10 horas, com frequência bimestral, em quatro pontos de amostragem, em duas estações predominantes, a chuvosa e a seca, coletadas após pelo menos cinco dias de estiagem, em função da diluição provocada pelas águas das chuvas. De acordo Belluta (2008) esta condição é necessária para não interferir na condição natural do ambiente.

De acordo com Emídio (2010), a estação predominantemente chuvosa compreende, na região Sudeste, o período de outubro a março e a seca o período de abril a setembro. Para este estudo, considerou-se estação chuvosa as medições realizadas em novembro de 2010, janeiro e março de 2011, as quais apresentaram, respectivamente, precipitações pluviométricas médias iguais a 139,4 mm, 712,5 mm e 162 mm, enquanto que estação seca, as medições nos meses de maio (precipitação média de 16,7 mm), julho (7 mm) e setembro de 2011 (ausência de precipitação). Os índices pluviométricos foram obtidos junto à Estação Meteorológica do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, localizada nas coordenadas de 22°50'47,45 de latitude sul, 48°25'54,14 de longitude oeste em uma altitude de 786 metros.

As amostras foram coletadas, em frascos de polietileno de cinco litros (a primeira água coletada serviu à lavagem do frasco e a segunda à amostragem), à aproximadamente 10 cm abaixo da superfície do córrego (SOUZA e DERÍSO 1977).

Locais de coleta das amostras

O ponto P1 situa-se entre a nascente e os bairros Jardim Eldorado e Jardim Continental nas coordenadas 48°28'22" W e 22°27'57" S, o ponto P2, entre o Jardim Real Park e Jardim Cambuí, nas coordenadas 48°27'57" W e 22°51'24" S, o ponto P3, entre o Jardim Cambuí e Jardim Itamarati, nas coordenadas 48°27'40" W e 22°51'05" S, e o ponto P4, na cabeceira da cachoeira do Jardim Monte Mor, nas coordenadas 48°27'33" W e 22°50'30" S.

Para observar efeitos das possíveis ações antrópicas, os pontos foram selecionados da seguinte forma: o ponto P1 foi definido a uma distância de 1.139 m da nascente (montante); o ponto P2, que dista 1.160 m do P1, foi escolhido abrangendo em seu perímetro uma área urbana e culturas agrícolas anuais; entre os 812 m do ponto P2 ao P3, em seu perímetro, apresentam área urbana e loteamentos; e, finalmente do ponto P3 ao P4 (1.184 m), apresentam área urbana e pastagem (jusante).

Variáveis analisadas

As análises físico-químicas da água (Condutividade elétrica, Potencial hidrogeniônico, Turbidez, Demanda bioquímica de oxigênio) e espécies (Carbono orgânico total e Nitrogênio) foram realizadas no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IB) – UNESP Botucatu. Já os dados pluviométricos, foram obtidos junto ao Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP Botucatu).

As determinações das temperaturas da superfície da água e do ar foram medidas no momento da coleta, por meio de um termômetro digital acoplado no pHmetroDigimed modelo DMPH-2, com eletrodo de vidro combinado, portátil, previamente calibrado com solução padrão no dia da coleta. Na determinação da temperatura da água, foram imersos o conjunto eletrodo termômetro de 4 a 5 cm abaixo da área espelhada, até a estabilização. Já a determinação da temperatura do ar, de 1,40 a 1,50 m acima da superfície da área espelhada, até a estabilização, com o termopar exposto à sombra e seco.

Já a Condutividade Elétrica (CE) foi determinada por meio do Condutivímetro digital, Tecnopon, modelo MCA-150, corrigida para a temperatura de 25°C com unidade em micro Siemens por centímetro ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

As leituras de pH nas amostras foram realizadas utilizando-se o pHmetroDigimed, modelo DMPH-2, com eletrodo de vidro combinado. Na determinação do pH da água, foram

imersos o conjunto com eletrodo de vidro, de 4 a 5 cm abaixo da área espelhada, até a estabilização para início da leitura.

Avariável turbidez foi determinada através do Turbidímetro, Turbiquant modelo 1500T cuja unidade é UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

A DBO das amostras de água foi determinada pelo método de Winkler modificado, conforme descrito por Golterman e Clymo (1991) e Greenberg et al (1995). O mesmo método foi utilizado para a determinação do teor de oxigênio dissolvido (OD), com análise feita logo após a coleta. Este método fundamenta-se em fornecer à amostra da água, um composto oxidável pelo oxigênio presente na mesma, o hidróxido manganoso, medindo-se a quantidade deste composto. A determinação da quantidade de oxigênio na amostra será maior quanto maior for a quantidade deste composto oxidado. Como as águas coletadas apresentam um teor de OD significativo, não houve a necessidade de diluí-las.

O cálculo DBO foi realizado de acordo com a equação 1.

$$DBO^5 (\text{mg.L}^{-1}) = \left[\frac{((OD^0) - (OD^5)) \cdot 100}{D} \right] \quad (1)$$

sendo que DBO5 é a demanda bioquímica de oxigênio após 5 dias de incubação a 20 °C (mg O₂.L⁻¹), OD0 o oxigênio dissolvido inicialmente em mg O₂.L⁻¹, OD5 oxigênio dissolvido após 5 dias de incubação a 20 °C em mg O₂.L⁻¹ e D o percentual da diluição.

Para as leituras de carbono orgânico total (COT), as amostras foram filtradas à vácuo em filtro milipore 0,2 µm e posteriormente conservadas em frascos rotulados. A solução presente nos frascos foi analisada quanto ao COT, por meio do analisador com faixa de detecção 4ppb a 25000 ppm, Shimadzu (2001), modelo TOC-v VCPH/CPN (Total Organic Carbon Analyzer), interfaciado a um computador, onde o registro obtido no aparelho é diretamente proporcional à quantidade de COT da amostra (GREENBERG et al, 1995).

Quanto ao Nitrogênio total (NT), as amostras foram filtradas a vácuo em filtro milipore 0,2 µm e posteriormente conservadas em frascos rotulados. A solução presente nos frascos foi analisada quanto ao nitrogênio total (NT), através de analisador detector de quimioluminescência com faixa de detecção 0,1 mg.L⁻¹ a 4000 L⁻¹ (ppm), Shimadzu (2001), modelo TOC-v VCPH/CPN (Total Organic Carbon Analyzer), Shimadzu, o qual permite a determinação simultânea de COT e NT, interfaciado a um computador, onde o registro obtido

no aparelho é diretamente proporcional a quantidade de nitrogênio total (NT) da amostra (GREENBERG et al, 1995).

Metodologia Estatística

Para comparação de cada variável entre os quatros pontos de coleta foi realizada a análise de variância paramétrica para o modelo com um fator, seguida pelo teste comparações múltiplas de Tukey e considerando um nível de significância de 5%. A normalidade e homocedasticidade de variâncias foram verificadas, respectivamente, pelo teste de Shapiro-Wilk e o teste de Bartlett(ZAR, 1999).

Além disso, o Box-Plot foi utilizado para visualizar o comportamento de algumas variáveis considerando a estação seca e chuvosa.

Resultados e discussão

Temperaturas da água e do ar

De acordo com a Tabela 2, a temperatura média do ar nos momentos avaliados apresentou um valor mínimo em Maio de 2011 no ponto P2(17,5 °C) e um valor mais elevado em Janeiro de 2011 em P4 (22,5 °C). Observa-se também que tanto na estação chuvosa quanto na seca, não há diferenças significativas na temperatura do ar entre os pontos avaliados (valores p iguais a 0,67 e 0,95 respectivamente).

Tabela 2. Temperaturas médias (°C) do ar nos pontos de coleta segundo as estações chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set)

Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	19,6	19,1	20,4	20,5	
jan/11	21,4	22,1	21,9	22,5	
mar/11	18,8	18,0	19,9	20,2	
mai/11	17,8	17,5	17,7	18,8	
jul/11	20,8	21,0	20,7	21,2	
set/11	18,4	17,9	18,0	18,8	
Estação chuvosa (Média ± Desvio Padrão)	19,9±1,3	19,7±2,1	20,7±1,0	21,1±1,3	0,67
Estação Seca (Média ± Desvio Padrão)	19,0±1,6	18,8±1,9	18,8±1,7	19,6±1,4	0,95

Presença de letras minúsculas distintas entre dois pontos indicam diferenças significativas entre os mesmos (valor $p < 0,05$)

A temperatura média da água (Tabela 3) também se apresentou com valores mínimo e máximo nos meses de Maio (ponto P1) e Janeiro de 2011 (ponto P4) respectivamente, ou seja,

17,3 °C e 21,7 °C, indicandoum ambiente favorável ao crescimento de organismos psicrofílos, conforme descrito por Macedo (2001), proporcionando, assim, uma maior degradação da matéria orgânica.

A temperatura da água em torno de 20°C favorece a maior concentração de oxigênio na água e, quanto maior for a temperatura, maior será a solubilidade dos sais (CETESB, 2012).

Ainda com base na Tabela 3, observa-se que não há diferenças significativas entre as temperaturas da água observadas nos quatro pontos de coleta, tanto na estação chuvosa quanto na seca (valores p iguais a 0,95 e 0,87 respectivamente).

Tabela 3. Temperaturas médias (°C) da água nos pontos de coleta segundo as estações chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set)

Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	19,7	18,9	19,8	19,6	
jan/11	21,2	21,4	21,4	21,7	
mar/11	18,4	18,7	19,5	18,9	
mai/11	17,3	17,8	17,6	18,1	
jul/11	18,7	19,3	19,8	19,7	
set/11	17,7	17,6	18,0	17,7	
Estação chuvosa (Média ± Desvio Padrão)	19,8±1,4	19,7±1,5	20,2±1,0	20,1±1,5	0,95
Estação Seca (Média ± Desvio Padrão)	17,9±0,7	18,2±0,9	18,5±1,2	18,5±1,1	0,87

Presença de letras minúsculas distintas entre dois pontos indicam diferenças significativas entre os mesmos (valor $p < 0,05$)

Analisando os resultados médios das temperaturas da água e do ar nos períodos de chuva e de seca, percebe-se que os mesmos seguem o mesmo padrão, ou seja, estação chuvosa com temperaturas (da água e ar) levemente superiores aos períodos de seca.

Potencial hidrogeniônico (pH)

Os resultados das análises do pH estão apresentados na Tabela 4. Verifica-se que o pH da água não difere estatisticamente entre os pontos na estação chuvosa ($p=0,36$), no entanto, na estação seca observou-se que seu valor médio no ponto P1 apresentou-se superior ao valor médio de P3 ($p<0,05$), mas sem diferenças significativas ao comparar com o ponto P2 e P4.

Conte e Leopoldo (2001) atribuíram os valores mais baixos do pH em pontos de coleta do Rio Pardo às características do solo, visto que, em geral, os solos da região são mais ácidos. Já Marques et al. (2007) observaram a diminuição do pH e a presença de defensivos

nas amostras de água de escoamento superficial nos períodos chuvosos em que a pluviosidade foi elevada.

Tabela 4. Potencial Hidrogeniônico (pH) nos pontos de coleta segundo as estações chuvosa (Nov/Mar) e seca (Mai/Set)

Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	6,47	6,01	5,76	5,77	
jan/11	6,67	5,66	6,27	6,78	
mar/11	6,46	6,54	6,10	7,01	
mai/11	7,39	7,13	7,18	7,09	
jul/11	7,38	7,14	7,02	7,36	
set/11	7,62	7,08	6,79	6,99	
Estação chuvosa (Média ± Desvio Padrão)	6,53±0,12	6,07±0,44	6,04±0,26	6,52±0,66	0,36
Estação Seca (Média ± Desvio Padrão)	7,46±0,14 ^a	7,12±0,03 ^{ab}	7,00±0,20 ^b	7,15±0,19 ^{ab}	0,03

Presença de letras minúsculas distintas entre dois pontos indicam diferenças significativas entre os mesmos (valor $p < 0,05$)

A Figura 2 apresenta o comportamento do pH nas estações chuvosa e seca no córrego São Caetano. Devido os altos índices pluviométricos na estação chuvosa e baixos na seca, observa-se a predominância do pH ácido e básico respectivamente (Figura 3), contribuindo para diluição ou concentração de sais e carga orgânica provenientes de fontes poluidoras em função do esgoto sanitário clandestino observado na jusante do córrego.

Figura 2. pH segundo estação chuvosa e seca

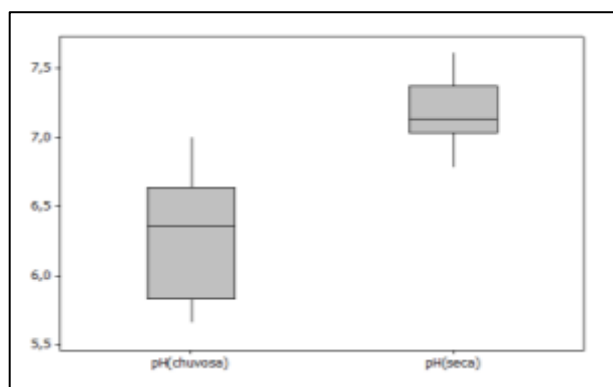
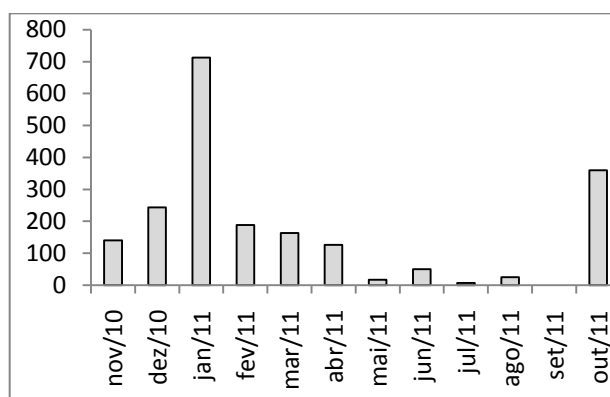


Figura 3. Totais dos índices pluviométricos mensais (em mm) de Nov. 2010 a Out. 2011.



Condutividade elétrica (CE)

Analisando os resultados da Tabela 5, de uma forma geral, percebe-se que a estação chuvosa apresenta valores de condutividade elétrica superior aos valores observados na estação seca, indicando uma possível concentração maior de poluentes nesta estação.

Apesar das diferenças entre os pontos, na estação chuvosa, não se apresentarem estatisticamente significativas pelo procedimento estatístico descrito anteriormente ($p=0,25$), a variável CE apresentou maior média no ponto P1 ($327,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), menor média no ponto P2 ($159,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e valores iguais a $216,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no ponto P3 e $209,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no ponto P4. Já na estação de seca, verificam-se diferenças significativas entre os pontos ($p<0,0001$), observando que os pontos P1 ($289,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), a montante, e P4 ($232,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), a jusante, apresentaram médias mais elevadas e estatisticamente superiores aos valores observados nos pontos P2 ($148,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e P3 ($139,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), os quais não diferem estatisticamente entre si (Tabela 5).

Tabela 5. Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) da água nos pontos de coleta

Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	373,5	170,3	365,1	360,2	
jan/11	295,9	148,6	140,1	110,4	
mar/11	312,9	160,4	143,4	156,6	
mai/11	289,0	154,7	143,6	284,6	
jul/11	293,7	145,3	141,1	199,8	
set/11	285,8	144,8	133,8	212,2	
Estação chuvosa (Média \pm Desvio Padrão)	327,4 \pm 40,8	159,8 \pm 10,9	216,2 \pm 129,0	209,1 \pm 132,9	0,25
Estação Seca (Média \pm Desvio Padrão)	289,5 \pm 4,0 ^a	148,3 \pm 5,6 ^b	139,5 \pm 5,1 ^b	232,2 \pm 45,8 ^a	<0,0001

Presença de letras minúsculas distintas entre dois pontos indicam diferenças significativas entre os mesmos (valor $p < 0,05$)

O baixo valor da CE verificado no ponto P4 (Tabela 5) no mês de janeiro de 2011 está relacionado com os índices pluviométricos (Figura 3). Nos dias que antecederam a coleta das amostras, foram observados índices pluviométricos elevados contribuindo para o efeito de diluição dos sais. No ponto P1 verifica-se foco de poluição devido às altas concentrações de sais verificada em todos os meses de coleta de novembro de 2010 a setembro de 2011. Observam-se diminuições da CE nos demais pontos a medida que se afastam do ponto P1, exceto no ponto P4 nos períodos de seca, onde se verifica um aumento da CE em função desse ponto indicar recebimento de esgoto doméstico difuso.

Turbidez

Turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, em função da absorção e espalhamento, provocados pela presença das partículas de sólidos em suspensão (areia, silte, argila, algas e bactérias) (CETESB, 2009).

Quanto aos resultados das determinações de Turbidez (Tabela 6), destacam-seos menores valores no mês de Julho nos pontos P3 (1,33 UNT) e P4 (1,56 UNT) e no mês de Setembro nos pontos P1 (1,50UNT), P2 (1,63UNT) e P3 (1,01 UNT). Os maiores valores foram observados no mês de Maio nos pontos P2 (7,34) e P4 (9,36 UNT), resultando em um valor médio e desvio padrão mais elevados no período de seca nestes pontos (média de 3,8 e 4,4 UNT e desvio padrão igual a 3,1 e 4,3 UNT respectivamente).

Tabela 6. Turbidez da água nos pontos de coleta em (UNT)

Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	2,71	2,45	3,16	2,29	
jan/11	3,19	3,07	2,54	4,17	
mar/11	4,01	5,01	3,19	5,18	
mai/11	4,25	7,34	3,55	9,36	
jul/11	2,31	2,47	1,33	1,56	
set/11	1,50	1,63	1,01	2,35	
Estação chuvosa (Média ± Desvio Padrão)	3,30±0,66	3,51±1,34	2,96±0,37	3,88±1,47	0,76
Estação Seca (Média ± Desvio Padrão)	2,69±1,41	3,81±3,08	1,96±1,38	4,42±4,29	0,72

Presença de letras minúsculas distintas entre dois pontos indicam diferenças significativas entre os mesmos (valor $p < 0,05$)

A Resolução CONAMA 357 determina para águas doces de classe 1, até 40 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), para classes 2 e 3, até 100 UNT e para classe 4, não determina padrão de turbidez (BRASIL, 2005).

O aumento da turbidez é provocado pela intensidade das chuvas por meio da erosão das margens dos rios em função do mau uso do solo, como também pelos esgotos domésticos e efluentes industriais ocasionando formação de lodo e alterando o ecossistema aquático (CETESB, 2012).

Apresentando-se abaixo do padrão da Resolução CONAMA 357, os valores mais elevados de turbidez, verificados nos pontos P2 e P4 no mês de Maio, sugere-se que o esgoto doméstico pode ser o principal contribuinte para tais valores, não havendo relação com a estação de chuva ou seca. Desta forma, a classificação do córrego São Caetano, quanto à turbidez é de classe 1.

Ainda observando a Tabela 6, percebe-se que a água coletada no córrego São Caetano não apresentou diferenças significativas na turbidez entre os pontos avaliados, tanto na estação chuvosa quanto na seca.

Oxigênio dissolvido (OD)

A Resolução CONAMA 357 determina para águas doces de classe 1 valor não inferior a 6 mg.L^{-1} de O_2 , para classe 2 superior a 5 mg.L^{-1} , para classe 3 superior a 4 mg.L^{-1} e para a classe 4 valor superior a 2 mg.L^{-1} de O_2 em qualquer amostra (BRASIL, 2005).

Quanto ao parâmetro oxigênio dissolvido (OD), destacam-se na Tabela 7 que a maioria das amostras apresentaram teores médios acima 6 mg.L^{-1} de O_2 , padrão de classe 1. As exceções foram observadas no ponto P2 em Janeiro de 2011, com $4,35 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 , no ponto P4 em Maio, Julho e em Setembro, com valores respectivamente iguais a $4,05 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 , $4,15 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 e $1,38 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 , sendo este último o menor valor observado devido ao lançamento de esgoto doméstico nesse ponto. Desta forma, quanto ao OD, o córrego São Caetano pode ser classificado, na classe 3. Além disso, de acordo com a Resolução CONAMA 357, de forma geral, o referido córrego pode ser classificado na classe 3 (BRASIL, 2005).

Segundo Nuvolari (2003) baixas concentrações de OD representam um agente inibidor da biota em ambiente aquático. Chapman e Kimstach (1992) citado por Belluta (2008), informam que concentrações de OD inferiores a 5 mg.L^{-1} podem afetar o ecossistema aquático e teores inferiores a 2 mg.L^{-1} podem levar à morte a maioria dos seres aquáticos.

Tabela 7. Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹ de O₂) da água nos pontos de coleta

Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	5,93	7,31	6,62	5,73	
jan/11	7,41	4,35	6,72	7,71	
mar/11	7,51	6,82	7,21	6,23	
mai/11	6,32	6,92	6,52	4,05	
jul/11	7,61	6,62	5,14	4,15	
set/11	7,21	7,11	6,13	1,38	
Estação chuvosa (Média ± Desvio Padrão)	6,95±0,89	6,16±1,59	6,85±0,32	6,55±1,03	0,80
Estação Seca (Média ± Desvio Padrão)	7,05±0,66 ^a	6,88±0,25 ^a	5,93±0,71 ^a	3,20±1,57 ^b	0,003

Presença de letras minúsculas distintas entre dois pontos indicam diferenças significativas entre os mesmos (valor p < 0,05)

Ainda com base na Tabela 7, verifica-se que não foi possível identificar diferenças significativas nos teores de OD entre os pontos na estação chuvosa (valor p igual a 0,80), porém, na estação seca percebe-se que o ponto P4 apresentou valor médio de OD inferior aos demais pontos avaliados.

Como pode ser observado na Figura 3, o maior índice pluviométrico (712,6 mm) foi no mês de Janeiro, característico da estação chuvosa. A ocorrência de chuvas contribuiu para oxigenação da água em todos os pontos, exceto no ponto P2, que em Janeiro de 2011 apresentou um valor mais baixo de OD (4,35mg.L⁻¹ de O₂), indicando ocorrência de poluição de carga orgânica localizada e, no ponto P4, que desde Maio de 2011 apresentou valores de OD na faixa de 4mg.L⁻¹, indicando a presença significativa de poluição de esgoto doméstico, atingindo em Setembro de 2011, o menor índice analisado, ou seja, valor igual a 1,38 mg.L⁻¹ de O₂, apresentando uma situação crítica, pois pode afetar todo sistema aquático (Tabela 7).

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Os resultados obtidos da DBO (Tabela 8 e Figura 4) indicam que a quantidade de oxigênio que foi necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável ficou abaixo de 5 mg.L⁻¹ de O₂ em todas as amostras. Observando os valores obtidos pelas coletas realizadas nas estações chuvosa e seca (Figura 4), percebem-se valores superiores de DBO na estação chuvosa.

Destaca-se também, que no ponto P4, em Julho e Setembro de 2011, foi consumido todo o oxigênio disponível, indicando grande atividade microbiana em função da

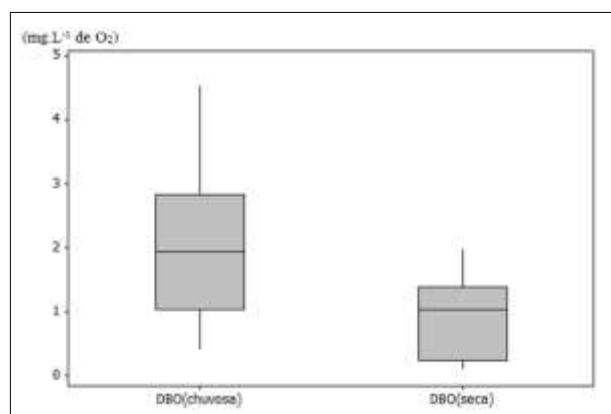
disponibilidade de nutrientes de fonte poluidora. A influência climática verificada no mês de Julho e Setembro de 2011 (Figura 3) pela ocorrência da diminuição da pluviometria neste período contribuiu com energia para o aumento da atividade microbiana.

Tabela 8. Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L^{-1} de O_2) da água nos pontos de coleta

Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	0,59	1,68	1,58	0,40	
jan/11	2,17	2,96	3,21	1,48	
mar/11	0,89	2,17	2,37	4,55	
mai/11	0,19	1,38	1,19	1,29	
jul/11	0,30	0,79	0,89	4,15	
set/11	0,10	0,20	1,98	1,38	
Estação chuvosa (Média \pm Desvio Padrão)	1,22 \pm 0,84	2,27 \pm 0,65	2,39 \pm 0,81	2,14 \pm 2,15	0,67
Estação Seca (Média \pm Desvio Padrão)	0,20 \pm 0,10	0,79 \pm 0,59	1,35 \pm 0,56	2,27 \pm 1,63	0,11

Presença de letras minúsculas distintas entre dois pontos indicam diferenças significativas entre os mesmos (valor $p < 0,05$)

Figura 4. Demanda bioquímica de oxigênio na estação chuvosa e seca



A Resolução CONAMA 357 determina para águas doces de classe 1, valor de até 3 mg.L^{-1} de O_2 , para classe 2, até 5 mg.L^{-1} e para classe 3, até 10 mg.L^{-1} de O_2 (BRASIL, 2005). De acordo com CETESB (2012), aumentos de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica, induzindo ao esgotamento de oxigênio da água, com consequências letais aos peixes e outras formas de vida aquática.

Carbono orgânico total (COT)

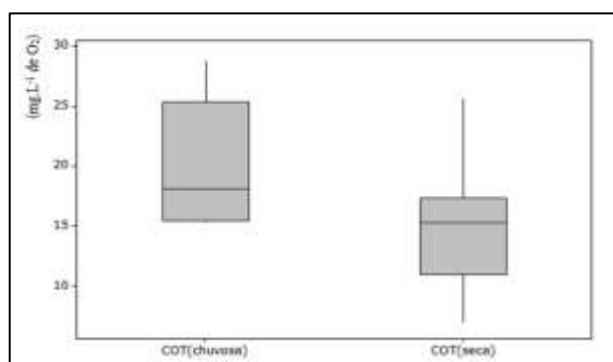
Analisando-se os resultados das determinações do COT (Tabela 9 e Figura 5), observa-se que a maioria dos valores de COT apresentou-se mais elevado no período de chuva, quando comparado com os valores dos períodos de seca. Verifica-se também que não há diferenças significativas entre os pontos na estação chuvosa (valor p igual a 0,57). Já na estação seca, observa-se uma diferença significativa entre o ponto P1 e P4.

Tabela 9. Carbono Orgânico Total (mg.L^{-1} de O_2) da água nos pontos de coleta

Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	18,52	17,78	28,78	27,48	
jan/11	20,66	15,59	17,61	15,39	
mar/11	26,97	15,33	15,49	19,56	
mai/11	25,69	17,78	15,07	6,95	
jul/11	21,37	12,58	11,67	10,75	
set/11	15,87	16,06	10,62	15,59	
Estação chuvosa (Média \pm Desvio Padrão)	22,05 \pm 4,39	16,23 \pm 1,35	20,63 \pm 7,14	20,81 \pm 6,14	0,57
Estação Seca (Média \pm Desvio Padrão)	20,98 \pm 4,92 ^a	15,47 \pm 2,65 ^{ab}	12,45 \pm 2,33 ^{ab}	11,10 \pm 4,33 ^b	0,04

Presença de letras minúsculas distintas entre dois pontos indicam diferenças significativas entre os mesmos (valor $p < 0,05$)

Figura 5. Carbono orgânico total segundo a estação chuvosa e seca



Comparando as concentrações médias de COT e pH entre as medições realizadas na estação chuvosa e seca (Tabelas 9 e 4), verifica-se que os valores do pH na estação chuvosa são menores que 7 e na estação de seca maiores que 7, enquanto que, comparativamente em cada ponto de amostragem, os valores de COT apresentaram-se mais elevados no período de chuva na maioria das amostras, provavelmente devido à presença de esgoto sanitário do ponto P1 na montante ao ponto P4 na jusante.

Segundo Nuvolari(2003), quanto maior for a carga orgânica, menor será o pH em função dos subprodutos do processo respiratório da degradação microbiana, com liberação do CO₂ que possui elevada solubilidade em água, convertido a ácido carbônico. Pelo lançamento da matéria orgânica contida no esgoto em um corpo d'água, estabelece as condições necessárias para o crescimento dos microrganismos decompositores aeróbios, que se alimentarão desta matéria orgânica e consumirá o oxigênio dissolvido.

Beluta (2008) analisando o COT no córrego dos Cintra em Botucatu, obteve valores entre 7,63 a 115,7 mgO₂.L⁻¹, assim como Souza (2005), em seus estudos realizados nas lagoas de estabilização localizadas a montante do ponto P2, encontrou teores de COT que variaram de 7,3 a 18,9 mgO₂.L⁻¹.

Nitrogênio total (NT)

As concentrações elevadas de nitrogênio obtidas em Novembro de 2010 nos pontos P3 e P4, assim como em Julho de 2011 no ponto P4 (Tabela 10), são oriundas de esgoto não tratado nesses pontos. O valor de NT em julho de 2011 no ponto P3 foi devido a uma redução da poluição por esgoto clandestino.

Tabela 10. Tabela. Nitrogênio Total (mg.L⁻¹) da água nos pontos de coleta

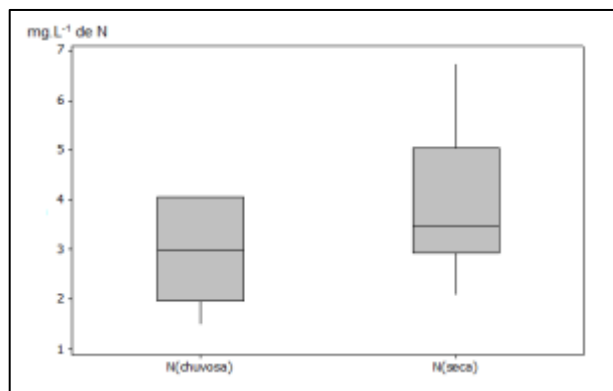
Momentos de coleta	P1	P2	P3	P4	Valor p
nov/10	3,99	3,71	8,43	8,25	
jan/11	4,07	2,86	1,95	2,02	
mar/11	2,87	1,50	1,91	3,10	
mai/11	3,45	2,09	2,52	3,49	
jul/11	4,63	3,30	3,23	9,78	
set/11	5,20	6,73	3,57	2,84	
Estação chuvosa (Média ± Desvio Padrão)	3,64±0,67	2,69±1,11	4,10±3,75	4,46±3,33	0,57
Estação Seca (Média ± Desvio Padrão)	4,43±0,89	4,04±2,41	3,11±0,54	5,37±3,83	0,04

Há uma tendência das concentrações de nitrogênio serem menores no período chuvoso em relação ao período de seca (Tabela 10 e Figura 6) em função das diluições provocadas pela pluviometria neste período.

Os valores de pH analisados em todos os pontos de amostragem são menores que 7,5. A resolução CONAMA 357 determina, para classe 1,3,7 mg.L⁻¹ de nitrogênio (N) para pH menor ou igual 7,5 e valor de 2,0 mg.L⁻¹ de N para pH entre 7,5 e 8,0. Já para as classes 2 e 3,

valores de 13,3 mg.L⁻¹ de N para pH menor que 7,5 e 5,6 mg.L⁻¹ de N para pH entre 7,5 e 8,0 (BRASIL, 2005). Observando um valor máximo de 9,78 mg.L⁻¹ no período analisado, pode-se classificar o córrego São Caetano nas classes 2 e 3 para o parâmetro Nitrogênio total.

Figura 6. Nitrogênio total (mg.L⁻¹ de N) segundo as estações chuvosa e seca



Conclusão

Avaliando os parâmetros físico-químicos ao longo do percurso do Córrego São Caetano, de uma forma geral, o córrego pode ser enquadrado na classe 3. Contribuindo com a diluição ou concentração de sais, observou-se pH ácido na estação chuvosa e básico na seca. A CE apresentou maior média no ponto P1 e P4, principalmente na estação seca, enquanto que OD no ponto P4 atingiu o menor índice. Estes resultados indicam focos de poluentes de esgoto doméstico não tratado, comprometendo a utilização da água no uso para irrigação de culturas e dessedentação animal na área rural.

Referências

- BELLUTA, I. **Avaliação dos impactos provocados pela descarga de efluente tratado na microbacia do Cintra, Botucatu-SP.** 2008.123 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, Seção 1, p. 58-63, 18 mar. 2005.

CASTRO, S. M. P. **Caracterização qualitativa das águas das cachoeiras Marta, Canela e Vêu de Noiva, situadas no Município de Botucatu-SP. 2003.** 71 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas)-Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Legislação.** São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81aguas superficiais/110-Legisla%C3%A7%C3%A3o](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81aguas%20superficiais/110-Legisla%C3%A7%C3%A3o)>. Acesso em: 13 abr. 2012.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas interiores: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** 2009. Série Relatórios. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/institucional/institucional/66-meio-ambiente>>. Acesso em: 16 abr. 2012

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo.** São Paulo: Ed. UNESP, 2001. 141 p.

COSTA, R. H. P. G. Qualidade da água. In: TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas.** São Paulo: Edgard Blucher, 2007. p. 25-33.

EMÍDIO, Z. P. O. *Estações do ano.* Bauru: UNESP/Instituto de Pesquisas Meteorológicas, 2010. Disponível em: <<http://www.ipmet.unesp.br/4estacoes/#>>. Acesso em: 16 mar. 2012.

GOLTERMAN, H. L; CLYMO, R. S; OHNSTAD, M. A. **Methods for physical and chemical analyses of freshwaters.** 3rd. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991. 2178 p.

GREENBERG, A. G.; CLESCERI, L. S; EATON, A. D. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19th. ed. Washington, DC: American Public Health Association; American Water Work Association; Water Pollution Control Federation, 1995. 3125 p.

MACEDO, J. A. B. Reaproveitamento: fontes, legislação e características. In: _____. **Águas & águas.** São Paulo: Varela, 2001. p. 25-60.

MARQUES, M. N.; COTRIM, B. M.; PIRES, M. A. F. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova,** São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1171-1178, 2007.

MILLANI, T. M. **Geoprocessamento aplicado na identificação e localização de APPs na microbacia do córrego São Caetano-Botucatu (SP) em função da legislação ambiental.** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Departamento de Engenharia Rural, 2012. 26 p. Relatório Científico PIBIC.



- NUVOLARI, A. **As diversas opções de tratamento do esgoto sanitário**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 520 p.
- SHIMADZU CORPORATION. **User manual: TOC-V CPH/TOC-VCPN Total Organic Carbon Analyzer and the TOC Control V software**. Kioto, 2001. 352 p.
- SILVA, A. M. M. **Hidroquímica e processos antrópicos na bacia hidrográfica do alto Rio Pardo**.1999. 350 f. Tese (Doutorado em Química)-Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- SOUZA, H. B; DERISO, J. C. **Guia técnico de coleta de água e ou efluentes**, São Paulo: CETESB, 1977. 857 p.
- SOUZA, I. F. **Caracterização da qualidade de efluentes e a possível utilização da biomassa como fonte energética**. 2005. 221 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**.São Paulo: Edgard Blucher, 2007. 305 p.
- UIEDA, V. S.; BARRETTO, M. G. Composição da ictiofauna de quatro trechos de diferente ordens do Rio Capivara, Bacia do Tietê, Botucatu, São Paulo. **Revista Brasileira de Zoociências**, Juiz de Fora, v. 1, n. 1, p. 55-67, dez. 1999.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4th. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663 p.