Capítulo 11

Bacia do rio Corumbataí: uso do solo e características limnológicas

Gisele Biem Mori
Carla Cristina Cassiano
Silvio Frosini de Barros Ferraz
Antonio Fernando Monteiro Camargo

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

MORI, GB., *et al.* Bacia do rio Corumbataí: uso do solo e características limnológicas. In: MORAES, MEB., and LORANDI, R., orgs. *Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas* [online]. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 219-239. ISBN 978-85-7455-443-3. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

CAPÍTULO 11

Bacia do rio Corumbataí: uso do solo e características limnológicas

Gisele Biem Mori

Carla Cristina Cassiano

Silvio Frosini de Barros Ferraz

Antonio Fernando Monteiro Camargo

Introdução

A bacia do rio Corumbataí localiza-se na porção centro-oeste do estado de São Paulo, entre os paralelos 22° 04' 46" S e 22° 41' 28" S e os meridianos 47° 26' 23" W e 47° 56' 15" W (Figura 1). Ela é uma sub-bacia da bacia do rio Piracicaba e está situada à margem direita deste rio, representando cerca de 1/6 do território da bacia principal. Segundo o Plano Diretor do Projeto Corumbataí (IPEF, 2002), a bacia do rio Corumbataí possui 1.708 km², sendo que a maior parte de suas terras encontra-se na Depressão Periférica Paulista. Nela estão inseridos os municípios de Corumbataí, Ipeúna, Rio Claro e Santa Gertrudes; e parte dos municípios de Analândia, Charqueada, Itirapina e Piracicaba. O rio Corumbataí possui sua nascente no município de Analândia e sua foz no município de Piracicaba, sendo seus principais afluentes os rios Cabeça, Passa-Cinco e o ribeirão Claro.

A região apresenta um clima do tipo Cwa (Köppen), ou seja, subtropical, com verões chuvosos e invernos secos. Mais de 80% da precipitação anual ocorre no período de outubro a fevereiro e apenas 20% entre março e setembro.

FIGURA 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí

Fonte: modificado de Cassiano (2013).

Originalmente, a paisagem da bacia do rio Corumbataí era predominantemente composta por diferentes formações vegetais naturais, como a floresta estacional decidual, floresta estacional semidecidual, florestas ripárias, florestas paludosas e cerrado (RODRIGUES, 1999). O processo de colonização da bacia teve início com a implantação da cultura do café e culturas de subsistência no início do século XX. Estas culturas impulsionaram o desenvolvimento econômico da região, principalmente com a implementação de ferrovias. Posteriormente, as culturas foram substituídas por pastagens e, mais recentemente, tem-se observado a expansão da cultura de cana-de-açúcar (VALENTE; VETTORAZZI, 2005); que apresenta um crescimento contínuo. Segundo Valente e Vettorazzi (2003), a pastagem e o cultivo da cana-de-açúcar ocupam, respectivamente, 43,68% e 25,57% da área da bacia (Figura 2).

Atualmente, a bacia do rio Corumbataí situa-se em uma área de elevado desenvolvimento econômico no estado de São Paulo, apresentando um intenso nível de fragmentação da cobertura florestal nativa e uma matriz de uso e cobertura do solo predominantemente agrícola (GRANDE; REZENDE; ROCHA, 2003). Devido ao intenso processo de desmatamento e ocupação desordenada na bacia, a cobertura florestal remanescente ficou restrita a terrenos declivosos e trechos isolados no entorno de corpos d'água. Segundo Valente e Vettorazzi (2005), a bacia encontra-se altamente fragmentada, e os fragmentos florestais remanescentes são pequenos e espalhados pela bacia, de modo que a distância entre os mesmos não favorece sua preservação. A vegetação florestal não apenas na bacia do rio Corumbataí, mas em todo o estado de São Paulo encontra-se altamente degradada, sendo que a maioria dos fragmentos apresenta áreas menores que 50 ha e eles estão a menos de 100 m da borda de uns dos outros, tornando-os insuficientes para sustentar a floresta a longo prazo (RIBEIRO et al., 2009).

FIGURA 2 – Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí no ano de 2000

Fonte: modificado de Valente e Vettorazzi (2003).

No contexto da bacia do rio Corumbataí, o município de Rio Claro é o maior em extensão territorial e densidade populacional (Tabela 1), apresentando grande importância econômica para a região. A atividade industrial do município é concentrada em diversificados estabelecimentos de médio e pequeno porte, como indústrias mecânica, metalúrgica, química, alimentícia, automobilística, de bebidas, confecções, calcários, papel, produtos cerâmicos e mineração (IPEF, 2002).

TABELA 1 – Extensão territorial e densidade populacional dos municípios com área urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí, SP

Município	Extensão Territorial (km²)	Densidade Populacional (hab/km²)
Corumbataí	278,622	3.874
Ipeúna	190,01	6.016
Rio Claro	498,422	186.253
Santa Gertrudes	98,291	21.634

Fonte: IBGE (2010).

Toda a área urbana do município de Rio Claro está localizada na porção média da bacia, entre o ribeirão Claro e o rio Corumbataí; assim, esta é responsável pelos maiores impactos nos rios da bacia. Esta área provoca grande impermeabilização do solo e o lançamento da água de escoamento superficial, contendo resíduos sólidos, óleos e outros produtos de veículos automotores. Além disso, apenas parte do esgoto doméstico é tratado, o que causa grandes impactos nas características limnológicas do ribeirão Claro e rio Corumbataí.

Nos demais municípios, as atividades industriais advêm da extração de minerais, com destaque para a produção de cerâmica, principalmente no município de Santa Gertrudes. Rio Claro também destaca-se, dentre esses municípios, quanto ao comércio e prestação de serviços; o que mostra a sua importância na bacia. No setor agrícola, a região possui atividades voltadas à produção de feijão, arroz, algodão e milho, atendendo à demanda local desses bens. A cana-de-açúcar tem ganhado destaque nos municípios de Analândia, Corumbataí, Santa Gertrudes, Itirapina e Ipeúna, pois a mesma atende à demanda das usinas açucareiras de regiões próximas (IPEF, 2002). Em Rio Claro, a produção agrícola é diversificada; entretanto, a cana-de-açúcar também tem ganhado destaque, ocupando 25% do total das áreas de lavoura.

O rio Corumbataí assume importância regional pelo seu potencial hídrico, capaz de abastecer municípios que estão, em sua totalidade, dentro da bacia. Apresenta ainda condições de abastecer municípios que possuem problemas quanto à qualidade de água para captação, como, por exemplo, o município de Piracicaba. Deste modo, a bacia do rio Corumbataí é responsável pelo abastecimento público de aproximadamente 500.000 habitantes (NASSIF, 1998). O município de Piracicaba capta cerca de 90% da água para abastecimento de sua área urbana do rio Corumbataí; esse, por sua vez, recebe grande parte de esgotos “in natura” da área urbana do município de Rio Claro.

Área rural: uso do solo

As partes mais altas da bacia, onde se encontram os riachos de pequeno porte e as nascentes dos rios, estão afastadas das áreas urbanas em meio às propriedades rurais. Essas áreas são caracterizadas pela predominância de atividades agrícola e pecuária, principalmente do cultivo da cana-de-açúcar e pastagem. Esses dois usos e as formações vegetais nativas formam os usos do solo predominantes da bacia do rio Corumbataí (VALENTE; VETTORAZZI, 2003).

A pastagem e a cana-de-açúcar estão presentes há bastante tempo na bacia (IPEF, 2002). Com o aumento da produção de etanol, o cultivo da cana-de-açúcar tem crescido em todo o estado de São Paulo (RUDORFF et al., 2010) bem como na bacia do rio Corumbataí. O crescimento da cana-de-açúcar vem ocorrendo tanto em áreas onde já era cultivada como também em áreas de pastagem (CASSIANO, 2013); em decorrência disso, a pastagem sofre um processo de redução. As formações vegetais nativas encontram-se praticamente restritas a remanescentes florestais em áreas próximas aos corpos d’água, com uma vegetação degradada ou em algum estágio de regeneração (VALENTE; VETTORAZZI, 2005).

As porcentagens dos três principais usos do solo (pastagem, cana-de-açúcar e floresta) em 31 microbacias (Figura 2) pertencentes à bacia do rio Corumbataí são mostradas na Figura 3. As 15 primeiras (de 1 a 15) estão localizadas nas regiões superiores da bacia. Elas possuem área entre 100 e 600 ha, e o uso do solo foi identificado com base em imagens de satélite do ano de 2000 (MORI, 2010). As outras 16 microbacias (16 a 31) estão localizadas na área rural da bacia do rio Corumbataí, com áreas entre 10 e 50 ha, e o uso

do solo destas microbacias foi obtido através de imagens de satélite do ano de 2008 (CASSIANO, 2013). A maioria das microbacias apresenta uma matriz de uso do solo com predominância de pastagem e cana-de-açúcar (Figura 3).

FIGURA 3 – Uso do solo em 31 microbacias da Bacia Hidrográfica do rio Corumbataí

Fonte: Dados da pesquisa.

As porcentagens dos principais usos do solo das 31 microbacias na zona ripária (área de 30 m ao redor dos corpos d'água) são mostradas na Figura 4. Nela, pode-se observar que a floresta representa a cobertura do solo predominante, apesar da pastagem também ser representativa em algumas microbacias. Esses dados confirmam que as florestas estão concentradas nestas áreas.

FIGURA 4 – Uso do solo na zona ripária das 31 microbacias da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí

Fonte: Dados da pesquisa.

Água dos riachos da bacia do rio Corumbataí

Os riachos da bacia do rio Corumbataí estão localizados dentro das propriedades rurais. Ainda que não estejam sujeitas aos efluentes urbanos, estas águas sofrem influência da matriz de agricultura; o que pode levar, por exemplo, à entrada de resíduos agrícolas e pesticidas utilizados em cultivos, além do impacto pelo deslocamento do gado pelas áreas de pastagem.

Algumas das variáveis físicas e químicas da água das 15 primeiras microbacias (Figuras 3 e 4), amostradas nas estações seca e chuvosa no ano de 2000, são apresentadas na Tabela 2. As microbacias foram separadas em dois grupos: i) agrícola e ii) misto de agricultura e floresta, considerando o uso do solo com cobertura florestal menor que 40% e cobertura florestal igual ou maior que 40%, respectivamente. Pode-se observar que a condutividade elétrica, turbidez e sedimento em suspensão são mais elevados nas microbacias do grupo agrícola. Os valores dos nutrientes da água não apresentaram diferenças entre os grupos. Fósforo total é mais elevado na estação seca em ambos os grupos, e nitrato é mais elevado em ambas as estações e grupos.

Algumas variáveis físicas e químicas da água das 16 últimas microbacias (Figuras 3 e 4), amostradas nas estações seca e chuvosa nos anos 2011 e 2012, respectivamente, são apresentadas na Tabela 3. As microbacias foram separadas de acordo com o uso do solo predominante (>40%) em microbacias com cana-de-açúcar e microbacias com pastagem.

TABELA 2 – Variáveis físicas e químicas da água de 15 microbacias da bacia do rio Corumbataí, São Paulo

Uso do solo	Estação	pH	Temperatura (°C)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Turbidez (NTU)	Sedimento em suspensão ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	P-Total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	N-Total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	N- NO_2 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	N- NO_3 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	N- NH_3 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
Agrícola	chuvosa	7,28 ± 0,42	24,64 ± 2,49	134,00 ± 157,56	35,9 ± 68,52	3,80 ± 2,39	6,96 ± 4,40	0,25 ± 0,13	7,03 ± 6,40	80,28 ± 163,80	5,00 ± 0,00
		6,74 ± 0,52	13,16 ± 2,91	79,30 ± 69,94	29,80 ± 40,57	0,12 ± 0,11	58,18 ± 29,78	0,14 ± 0,09	5,24 ± 0,67	159,54 ± 169,12	5,00 ± 0,00
	seca										
Misto	chuvosa	7,12 ± 0,53	23,66 ± 1,87	74,00 ± 77,65	11,20 ± 10,99	2,40 ± 1,14	12,25 ± 16,22	0,27 ± 0,17	5,00 ± 0,00	86,14 ± 90,80	5,00 ± 0,00
		6,53 ± 0,21	13,50 ± 2,51	34,80 ± 11,54	2,00 ± 1,87	0,12 ± 0,13	39,62 ± 44,14	0,19 ± 0,14	5,00 ± 0,00	136,8 ± 9,24	5,00 ± 0,00
	seca										

* Agrícola < 40% de floresta; Misto ≥40% de floresta.

Fonte: Mori (2010).

TABELA 3 – Variáveis físicas e químicas da água de 16 microbacias na bacia do rio Corumbataí, São Paulo

Uso do solo	Estação	pH	Temperatura (°C)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Turbidez ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	Sedimento em suspensão ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	P-Total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	N-Total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	N- NO_2 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	N- NO_3 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	N- NH_3 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
Cana-de-açúcar	chuvosa	6,23 ± 0,39	21,85 ± 2,01	64,13 ± 12,29	7,29 ± 0,78	13,86 ± 7,52	0,50 ± 0,22	26,06 ± 23,74	19,62 ± 19,78	19,59 ± 3,56	3,76 ± 1,42
		6,95 ± 0,29	18,24 ± 2,11	84,72 ± 39,78	6,63 ± 1,40	17,14 ± 22,33	0,54 ± 0,52	49,99 ± 53,30	5,18 ± 0,23	25,36 ± 15,55	1,78 ± 0,87
	seca										
	chuvosa	6,54 ± 0,56	20,78 ± 1,60	77,84 ± 62,30	8,25 ± 0,66	10,27 ± 5,03	0,41 ± 0,25	26,57 ± 26,04	6,63 ± 2,30	23,89 ± 21,35	5,08 ± 2,66
Pastagem	seca	7,49 ± 0,35	17,84 ± 2,12	106,82 ± 64,57	7,99 ± 1,30	13,94 ± 15,11	0,47 ± 0,25	39,83 ± 28,20	4,86 ± 0,86	32,06 ± 27,48	3,41 ± 1,22

* Cana-de-açúcar, área > 40% de cana-de-açúcar; Pastagem, área > 40% de pastagem.
Fonte: Cassiano (2013).

As microbacias com pastagem apresentam valores mais elevados de carbono orgânico dissolvido (DOC) em comparação às microbacias com cana-de-açúcar, que, em contrapartida, apresentam maiores concentrações de sedimentos em suspensão em ambas as estações. Na estação seca, é possível observar altas concentrações de nitrato; e na estação chuvosa, altas concentrações de amônia nas microbacias com cana-de-açúcar.

Os maiores valores de condutividade elétrica, turbidez e sedimentos em suspensão nas áreas agrícolas, segundo Mori (2010), mostram o efeito do uso do solo na entrada de sedimentos e íons na água, provavelmente pela diminuição das áreas de floresta (ALLAN; CASTILLO, 2007) e impacto da passagem do gado (COURNANE et al., 2011). O aumento na concentração de sedimentos em suspensão observado por Cassiano (2013) pode ser consequência do movimento do solo ocasionado pelo manejo agrícola. Uma relação positiva entre a quantidade de sedimentos em suspensão em riachos e áreas aradas em bacias hidrográficas foi observada por Naden e Cooper (1999), o que significa que a quantidade de sedimento em suspensão relaciona-se diretamente com as áreas agrícolas (AHEARN et al., 2005).

As concentrações de DOC possuem uma variação considerada normal em riachos, com valores entre 1 e 5 mg.L⁻¹ (HAUER; LAMBERTI, 2006); entretanto, na estação chuvosa, é possível observar valores mais elevados nas microbacias com predominância de pastagem, como os encontrados no estudo de Cassiano (2013). No período de chuvas, os nutrientes presentes no solo são carregados para os corpos d'água e a serapilheira da floresta é uma fonte importante de DOC (SCHWENDENMANN; VELDKAMP, 2005). A presença de gramíneas nos riachos também leva a um aumento na carga orgânica (NEILL et al., 2006). Além disso, a entrada de matéria orgânica de dejetos animais está relacionada ao escoamento superficial (BIGGS; DUNNE; MURAOKA, 2006).

Os trabalhos de Mori (2010) e Cassiano (2013) evidenciaram as altas concentrações de nitrato em áreas agrícolas em geral e em áreas com cultivo de cana-de-açúcar nas microbacias do rio Corumbataí. A cultura de cana-de-açúcar é uma cultura anual que necessita de uma alta demanda de nitrogênio (KRUSCHE et al., 2003), e a aplicação de fertilizantes nitrogenados pode aumentar a mineralização e as taxas de nitrificação, aumentando a concentração de nitrogênio nos corpos d'água (SILVA et al., 2007), especialmente no período seco. De fato, as microbacias agrícolas

da bacia do rio Corumbataí são compostas por uma mistura de cultivo de cana-de-açúcar e pastagem; assim, as altas concentrações de nitrato observadas devem ocorrer devido ao uso de fertilizantes que são carregados para os corpos d'água (HUNTER; WALTON, 2008).

Os valores reduzidos de amônia podem ser uma consequência da alta capacidade de remoção e transformação de nitrogênio inorgânico nas nascentes. A amônia é assimilada rapidamente, o que provoca a sua pequena concentração nas águas (PERTENSON et al., 2001). No entanto, o aumento das concentrações de amônia na estação chuvosa nas áreas de cana-de-açúcar podem ser uma consequência do uso de fertilizantes nos cultivos sem tempo suficiente de ser assimilado de fertilizantes nos cultivos e sem tempo suficiente de ser assimilado.

Área urbana

Toda a área urbana do município de Rio Claro está localizada na região central da bacia do rio Corumbataí e é a maior área urbana inserida na bacia. De acordo com o Departamento de Água e Esgotos (DAAE) do município, 99,3 % da população tem seu esgoto captado, mas apenas 30% deste esgoto é tratado (RIO CLARO. DAEE, 2015); ou seja, grande parte do esgoto é lançado sem nenhum tratamento nos corpos d'água da bacia. A maior parte do esgoto urbano é lançada no córrego da Servidão, riacho que cruza a área central na zona urbana e é um dos afluentes do rio Corumbataí. O rio Corumbataí recebe pouca quantidade de efluentes, e o ribeirão Claro recebeu grande quantidade de efluentes sem tratamento até muito recentemente. Após 2011, os efluentes lançados no ribeirão Claro passaram a ser tratados pela estação de tratamento Conduta.

A água para abastecimento urbano é retirada do rio Corumbataí e do ribeirão Claro, a montante da área urbana. Nos últimos três anos, foram monitorados seis pontos localizados a montante e a jusante da área urbana de Rio Claro no final da estação seca (final de agosto). Este período foi escolhido para monitoramento, pois é a época em que o fluxo dos rios está menor e ocorre uma menor diluição dos efluentes. De fato, Daniel et al. (2002) observaram em um estudo em pontos poluídos, localizados nas proximidades da bacia do rio Corumbataí (município de Piracicaba), os menores valores de oxigênio e os maiores valores de condutividade elétrica e carbono orgânico e inorgânico nos meses de estiagem.

O primeiro ponto de amostragem do monitoramento está localizado no ribeirão Claro, a montante da área urbana e próximo a um local de captação de água para abastecimento urbano (ponto 1). O segundo ponto amostral está localizado no rio Corumbataí, também a montante da área urbana e próximo a outro ponto de captação de água (ponto 2). O ponto 3 está localizado no trecho médio do córrego da Servidão, a jusante dos pontos de despejo de esgoto. O ponto 4 está localizado no ribeirão Claro, à jusante da área urbana e após o lançamento de esgoto tratado pela estação de tratamento Conduta. O quinto ponto de coleta está localizado no rio Corumbataí em um ponto após do qual recebe as águas do córrego da Servidão e do ribeirão Claro. O último ponto de monitoramento está localizado no rio Corumbataí, próximo à foz do rio Piracicaba, a montante da área urbana de Piracicaba e próximo à captação de água para abastecimento deste município. As localizações dos pontos são apresentadas na Figura 5.

FIGURA 5 – Localização dos pontos amostrais na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí

Fonte: elaborado pelos autores.

Os valores de algumas variáveis físicas e químicas das águas são apresentados nas Figuras 6 e 7, nas quais observa-se grandes diferenças entre os pontos de coleta.

FIGURA 6 – Valores médios e desvio padrão (barras) dos valores de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, alcalinidade, ortofosfatos e fósforo total nos seis pontos de coleta na bacia do rio Corumbataí

Fonte: Dados da pesquisa.

Os pontos 1 e 2, localizados a montante da área urbana de Rio Claro, apresentam altas concentrações de oxigênio e valores reduzidos de condutividade elétrica, alcalinidade e turbidez. As concentrações das diferentes formas de nitrogênio e fósforo também são reduzidas, indicando a ausência de fontes de poluição orgânica. Por outro lado, o ponto 3 possui características limnológicas que mostram altos níveis de poluição orgânica. De fato, a concentração de oxigênio é próxima a zero, e a condutividade elétrica, alcalinidade e turbidez são altas. Os valores de oxigênio dissolvido abaixo de $2,0 \text{ mg. L}^{-1}$ e condutividade elétrica com valores entre 400 e $600 \mu\text{S.cm}^{-1}$ foram observadas por Daniel et al. (2002) em riachos poluídos na área urbana do município de Piracicaba.

FIGURA 7 – Valores de nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total nos seis pontos de coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí

Fonte: Dados da pesquisa.

As concentrações de fósforo no ponto 3 são bastante elevadas e destaca-se o valor de $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para fósforo total. As concentrações das diferentes

formas de nitrogênio também são elevadas, exceto para o nitrato, devido ao baixo valor de oxigênio (Figuras 6 e 7). Ambientes aquáticos com condições redutoras (baixo teor de oxigênio) favorecem os processos de amonificação, e as concentrações de nitrogênio inorgânico são acumuladas na forma de amônia (ESTEVES; AMADO, 2011). Rios localizados no município de Manaus (Amazonas, Brasil) foram estudados por Couceiro et al. (2007). Estes autores obtiveram valores máximos de condutividade elétrica da água de $662,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, P-total de $411,37 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ e N-total de $2,388 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Além disso, os mesmos autores observaram valores de oxigênio dissolvido de apenas $0,80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Estes valores foram similares aos encontrados por Daniel et al. (2002) e em nossas avaliações, evidenciando que, independente da região geográfica, rios que recebem grande quantidade de efluentes de esgoto urbano têm características físicas e químicas da água similares.

Os valores de algumas variáveis medidas no ponto 4 indicam que a água possui boa qualidade. As concentrações de oxigênio são elevadas ($6,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e a turbidez é relativamente reduzida (Figura 6). Entretanto, os valores de fósforo total e, principalmente, ortofosfato, nitrogênio total e nitrato são muito elevados. Estas altas concentrações indicam que o tratamento realizado pela estação Conduta não é eficiente para remover os nutrientes e/ou o lançamento dos efluentes sem tratamento. No rio Piracicamirim (município de Piracicaba), Daniel et al. (2002) observaram que, após a implementação do tratamento de esgoto, as concentrações de carbono inorgânico reduziram, mas a condutividade elétrica permaneceu elevada. Estes autores concluíram que valores elevados de condutividade elétrica indicam altas concentrações de íons como ortofosfato e nitrato, como observado no ponto 4. De fato, as estações de tratamento construídas no Brasil atualmente possuem apenas tratamento primário e secundário que removem o material orgânico, mas apenas pequenas quantidades de nutrientes. Para a remoção dos nutrientes é necessário empregar o tratamento terciário (GUPTA et al., 2012).

Os pontos amostrais localizados no rio Corumbataí, a jusante da área urbana de Rio Claro (Pontos 5 e 6), possuem características limnológicas que indicam uma melhora na qualidade da água. Os valores de oxigênio são mais elevados e as concentrações de N-total e P-total mostram uma redução gradual. Estes resultados indicam que o processo de autodepuração está ocorrendo neste trecho do rio. Um fator importante para a melhora na qualidade da água é o processo de diluição do esgoto do rio Corumbataí pela água da bacia do rio Passa-Cinco, composta por este pelo rio Cabeça.

Ambos os rios drenam uma região da bacia que possui apenas o município de Ipeúna, que agrega uma população de 6.016 habitantes. Assim, a água destes rios possui quantidades reduzidas de matéria orgânica em comparação com as águas do rio Corumbataí, promovendo uma diluição do esgoto urbano de Rio Claro. Entretanto, é importante destacar que o ponto 6, localizado próximo ao ponto de captação de água para abastecimento de Piracicaba, tem a qualidade da água inferior ao da água retirada para abastecimento de Rio Claro. Os valores de ortofosfato, P-total e N-total neste ponto são maiores do que nos pontos 1 e 2 (Figuras 6 e 7).

Considerações Finais

A bacia do rio Corumbataí é predominantemente coberta por agricultura (cana-de-açúcar e pastagem) e possui apenas pequenos fragmentos de floresta nativa. A atividade agrícola ocasiona alterações nas características limnológicas dos rios: na estação seca, ocorrem maiores concentrações de carbono orgânico dissolvido em locais com pastagem, de sedimentos em suspensão e de nitrato; na estação chuvosa, há elevada concentração de amônia em locais com cana-de-açúcar.

A presença da área urbana de Rio Claro e o lançamento de esgoto sem tratamento causam grande impacto nos corpos d'água da região e alteram as características limnológicas do rio Corumbataí após a sua passagem pela área urbana. O início do tratamento do esgoto no município de Rio Claro foi responsável pela melhora na qualidade da água do ribeirão Claro.

Como há um investimento na expansão da remoção do esgoto e previsão de tratamento de todo o esgoto produzido pela área urbana de Rio Claro, espera-se que a qualidade da água dos corpos d'água apresente uma melhora. Entretanto, consideramos que é necessária a restauração da vegetação nativa nas áreas agrícolas, especialmente na floresta ripária, para reduzir o impacto do cultivo da cana-de-açúcar e pastagens nos corpos d'água da bacia. Adicionalmente, recomendamos o monitoramento dos rios e riachos com o objetivo de verificar se as medidas adotadas serão efetivas.

Referências

- AHEARN, D. S. et al. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. **Journal of Hydrology**, v. 313, p. 234-247, 2005.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. **Stream ecology**: structure and function of running waters. 2. ed. New York: Springer, 2007.
- BIGGS, T. W. E.; DUNNE, T.; MURAOKA, T. Transport of water, solutes, and nutrients from a pasture hillslope, southwestern Brazilian Amazon. **Hydrological Processes**, v. 20, p. 2527-2547, 2006.
- CASSIANO, C. C. **O papel dos remanescentes florestais na manutenção da qualidade da água em microbacias agrícolas**. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2013.
- COUCEIRO, S. R. M. et al. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 575, p. 271-284, 2007.
- COURNANE, F. C. et al. Effects of cattle, sheep and deer grazing on soil physical quality and losses of phosphorus and suspended sediment losses in surface runoff. **Agriculture, ecosystem and environment**, v. 140, p. 264-272, 2011.
- DANIEL, M. H. B. et al. Effects of urban sewage on dissolved oxygen, dissolved inorganic and organic carbon, and electrical conductivity of small streams along a gradient of urbanization in the Piracicaba river basin. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 136, p. 189-206, 2002.
- ESTEVES, F. A.; AMADO, A. M. Nitrogênio. In: ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 239-258.
- GRANDE, M. D.; REZENDE, M. O. O.; ROCHA, O. Distribuição de compostos organoclorados nas águas e sedimentos da bacia do rio Piracicaba/SP. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 5, p. 678-686, 2003.

GUPTA, V. K. et al. Chemical treatment technologies for waste-water recycling—an overview. **RSC Advances**, v. 2, p. 6380-6388, 2012.

HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. **Methods in stream ecology**. 2. ed. New York: Academic Press/Elsevier, 2006.

HUNTER, H. M.; WALTON, R. S. Land-use effects on fluxes of suspended sediment, nitrogen and phosphorous from a river catchment of the Great Barrier Reef, Australia. **Journal of Hydrology**, v. 356, p. 131-146, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Apresenta informações sobre os municípios brasileiros. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>. Acesso em: 18 dez. 2011.

KRUSCHE, A. V. et al. Acid rain and nitrogen deposition in a sub-tropical watershed (Piracicaba): ecosystem consequences. **Environmental Pollution**, v. 121, p. 389-399, 2003.

MORI, G. B. **A influência do uso da terra nas características limnológicas da água em microbacias: um estudo de caso na bacia do rio Corumbataí, SP**. 2010. 47 f. Monografia (Graduação em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2010.

NADEN, P. S.; COOPER, D. M. Development of a sediment delivery model for application in large river basins. **Hydrological Processes**, v. 13, p. 1011-1034, 1999.

NASSIF, A. M. A. Recuperação da cobertura florestal na bacia do rio Corumbataí. **Série Técnica IPEF**, São Paulo, v. 12, n. 32, p. 121-126, 1998.

NEILL, C. et al. Deforestation alters the hydraulic and biogeochemical characteristics of small lowland Amazonian streams. **Hydrological Processes**, v. 20, p. 2563-2580, 2006.

PETERSON, B. J. et al. Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams. **Science**, v. 292, p. 86-90, 2001.

PROJETO CORUMBATAÍ. **Plano Diretor: Conservação dos recursos hídricos por meio da recuperação e a conservação da cobertura florestal da bacia do rio Corumbataí**. Piracicaba, SP: Relatório Técnico do IPEF, 2002.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RIO CLARO. DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO – DAAE. **Sistema de tratamento de esgoto**. 2015. Disponível em: <<http://www.daaeriolclaro.sp.gov.br>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

RODRIGUES, R. R. A vegetação de Piracicaba e municípios de entorno. **Circular Técnica IPEF**, São Paulo, v. 189, p. 1-18, 1999.

RUDORFF, B. F. T. et al. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1057-1076, 2010.

SCHWENDENMANN, L.; VELDKAMP, E. The role of dissolved organic carbon, dissolved organic nitrogen, and dissolved inorganic nitrogen in a tropical wet forest ecosystem. **Ecosystems**, v. 8, p. 339-351, 2005.

SILVA, D. M. L. et al. Can land use changes alter carbon, nitrogen and major ion transport in subtropical Brazilian streams? **Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 317-324, 2007.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de uso e cobertura do solo da Bacia do rio Corumbataí, SP. **Circular técnica IPEF**, São Paulo, v. 196, p. 1-9, 2003.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Avaliação da estrutura florestal da bacia hidrográfica do rio Corumbataí, SP. **Scientia Florestalis**, v. 68, p. 45-57, 2005.