

ANÁLISE TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NO CÓRREGO LIMOEIRO E NO RIO PIRAPOZINHO NO ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL*

SILVA, Marcia Aparecida da¹; ARAÚJO, Renata Ribeiro²

RESUMO

O estudo limnológico verificou a qualidade da água em uma seção fluvial do córrego Limoeiro, no município de Presidente Prudente, e em uma seção do rio Pirapozinho, município de Pirapozinho, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema - UGRHI-22, no Oeste Paulista. O monitoramento limnológico ocorreu entre os anos de 2006 e 2015. Na análise temporal foi investigado o comportamento dos corpos hídricos ao deixarem de receber esgotos domésticos *in natura* provenientes da zona urbana dos referidos municípios. As seções amostrais nos canais fluviais foram selecionadas em pontos situados após a influência das zonas urbanas dos municípios de Presidente Prudente e Pirapozinho. As variáveis temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH) e oxigênio dissolvido foram monitoradas por meio de aparelhos digitais portáteis. As variáveis resíduo sedimentável, nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e *Escherichia coli* foram monitoradas por meio de protocolos de avaliação de acordo com o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 22nd Edition (2012). Os resultados obtidos durante os estudos apontaram melhoria na qualidade da água em ambas as seções. Com base nos resultados, foi possível concluir, que a partir de 2008 os córregos apresentaram recuperação de seus padrões de qualidade de água, de acordo com as classes de enquadramento, preconizadas pela legislação ambiental brasileira.

Palavras-chaves: rio Pirapozinho, córrego Limoeiro, qualidade da água, esgoto doméstico, enquadramento ambiental.

ANÁLISIS TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL ARROYO LIMOEIRO Y EL RÍO PIRAPOZINHO EN EL ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

RESUMEN

El estudio limnológico verificó la calidad del agua en una sección fluvial de la quebrada Limoeiro, en la ciudad del Presidente Prudente, y en una sección del río Pirapozinho, ciudad del Pirapozinho, perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Santo Anastácio localizado en la Unidad de Gerenciamento de Recursos Hídricos del Pontal del Paranapanema – UGRHI-22, en el oeste de São Paulo. El monitoreo limnológico se realizó entre los años 2006 y 2015. En el análisis temporal fue investigado el comportamiento de los cuerpos hídricos al dejar de recibir residuos de alcantarillado domésticos *in natura* procedentes de la área urbana de los municipios mencionados. Las secciones muestrales en los canales fluviales fueron seleccionadas en puntos situados después de la influencia de las áreas urbanas de los municipios de Presidente Prudente y Pirapozinho. Las variables temperatura de agua, potencial hidrogénico (pH) y oxígeno disuelto fueron monitoreados por medio de dispositivos digitales portátiles. Las variables de residuos de sedimentación, nitrógeno amoniacal, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y *Escherichia coli* fueron monitoreados a través de protocolos de evaluación de acuerdo con el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 22nd edition (2012). Los resultados obtenidos durante los estudios mostraron mejoras en calidad de la agua en las dos secciones. Basándose en los resultados fue posible concluir que desde 2008 las

* Texto resultante da pesquisa desenvolvida sob a orientação da Profa. Dra. Renata Ribeiro Araújo no âmbito do Programa de Pós-graduação em Geografia - Mestrado Profissional, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP.

¹ Pós-graduada pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado Profissional, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP.

² Professora Assistente Doutora do Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP.

quebradas presentaron recuperación de sus patrones de calidad de agua de acuerdo con las clases demarcadas establecidas por la legislación ambiental.

Palabras clave: Rio Pirapozinho, quebrada Limoeiro, calidad del agua, alcantarillado domésticos, marco ambiental.

TEMPORAL ANALYSIS OF WATER QUALITY IN LIMOEIRO STREAM AND PIRAPOZINHO RIVER IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

ABSTRACT

The limnological study verified the water quality in a inland section of the Limoeiro stream, in Presidente Prudente, and in a section of the Pirapozinho River, in Pirapozinho Both belong to the Santo Anastácio river basin, located at the Water Resources Management Unit in Pontal do Paranapanema - UGRHI-22 in the western region of São Paulo State. The limnological monitoring occurred from 2006 to 2015, and we investigate the behavior of water bodies when they stopped receiving domestic sewage *in natura* from urban areas of these municipalities. We selected sample sections at points located after the urban influence areas of Presidente Prudente and Pirapozinho. We monitored water temperature, pH and dissolved oxygen using portable digital devices, and we used protocols of evaluation by Standard Methods for Examination of Water and Waste water 22nd Edition (2012) to monitor sedimentary sludge, ammonium nitrogen, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, total coliforms and *Escherichia*. Results indicate an improvement in water quality in both sections. From 2008, the streams recovered their water quality standards in accordance with the framework classes, advocated by the Brazilian environmental legislation.

Key words: Pirapozinho River, Limoeiro stream, water quality, wastewater, environmental framework.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água em todo o mundo é cada vez mais ameaçada à medida que as populações humanas crescem, atividades agrícolas e industriais se expandem e as mudanças climáticas ameaçam alterar o ciclo hidrológico global (ONU, 2010).

Apesar do conceito jurídico de bem de uso comum do povo, a água é um recurso para muitos, de valor econômico. Isto resulta do crescimento da demanda por água para os diversos usos, que acompanha o desenvolvimento urbano e industrial dos países (VICTORINO, 2007). Segundo Derisio, (2012), a água serve para: a) abastecimento doméstico, b) abastecimento industrial, c) irrigação, d) dessedentação animal, e) preservação da flora e fauna, f) recreação e lazer, g) geração de energia elétrica, h) navegação e i) diluição de esgotos domésticos e industriais.

Embora dependam da água para sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso, tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas. (TUNDISI, 2003).

A poluição dos recursos hídricos se dá por diferentes fontes e tipos, podendo haver alteração dos mananciais em qualidade e quantidade e de acordo com Mota (2008) estas alterações ocorrem em função de fontes localizadas (pontuais) e de fontes não localizadas (difusas). As fontes localizadas são aquelas que têm um local determinado de lançamento,

como as tubulações de esgotos domésticos e industriais. As fontes difusas alcançam os mananciais de forma espalhada, dificultando a sua identificação.

Dentre os tipos de poluição dos corpos d'água Derisio, (2012), destaca a poluição urbana, a que se refere à poluição proveniente dos habitantes de uma cidade, que gera esgotos domésticos lançados direta ou indiretamente nos corpos d'água e a poluição industrial que, de maneira geral, é aquela gerada no processo industrial.

Para esses tipos de poluição, o controle é feito por meio da implantação de estações de tratamento de efluentes evitando o lançamento destes *in natura* nos corpos hídricos. Os lançamentos de efluentes nos corpos hídricos, no Brasil, são regulamentados pela legislação ambiental. As consequências de um determinado poluente dependem das suas concentrações, do tipo de corpo d'água que o recebe e dos usos da água. Para a definição de limites de concentrações de cada poluente o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) dividiu os sistemas hídricos em nove classes de acordo com o tipo e usos de suas águas. Esta classificação denominada como enquadramento, e a definição das concentrações para cada classe tem suas limitações, configurando padrão de referência para fiscalização e gerenciamento dos recursos hídricos (PEREIRA, 2004). Esta classificação encontra-se na Resolução CONAMA n.357 de 17 de março de 2005.

Na esfera estadual paulista, o Decreto Estadual nº 8.468 de 8 de setembro de 1976 dispõe sobre os padrões de emissão de efluentes para as diferentes classes de água e foi o meio legal que apresentou avanços mais concretos ao lado do importante Decreto Estadual nº 10.755 de 22 de novembro de 1977 que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores, utilizado na classificação prevista pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas.

Segundo Veról e Volschan (2007), apesar da existência de padrões de qualidade ambiental para as bacias hidrográficas brasileiras, as mesmas estiveram continuamente sujeitas a degradação ao longo dos anos. Em função do aporte de esgotos sanitários não tratados, as bacias urbanas foram as mais prejudicadas. De acordo com os autores, o Brasil possui baixos índices de cobertura por sistemas de esgotamento sanitário, o que demonstra a necessidade de investimentos melhoria desses indicadores e para a fixação de metas progressivas e diferenciadas de controle da poluição entre os usuários da bacia, com base na qualidade de água do corpo receptor.

O completo sistema de esgotamento sanitário consiste na coleta, no afastamento e no tratamento dos esgotos, objetivando a conservação e preservação da qualidade ambiental das bacias hidrográficas brasileiras.

Por sua vez, o monitoramento das características físicas, químicas e biológicas das águas dos corpos receptores é uma importante ferramenta para verificar/avaliar a saúde ambiental dos canais fluviais após o lançamento dos esgotos tratados. Ele visa realizar a medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhar a evolução das condições ao longo do tempo. Também é importante para averiguar as tendências na qualidade do meio aquático, e para observar como este é afetado por contaminantes e/ou atividades antrópicas (HESPANHOL, 2009).

O monitoramento prevê o levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados, de modo a acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo, fornecendo séries temporais de dados (DERISIO, 2012).

A seleção dos parâmetros, de acordo com Derisio (2012), está intimamente relacionada ao objetivo do trabalho, bem como aos locais a serem escolhidos para representar o corpo d'água em estudo. Existe um número bastante grande de indicadores de qualidade, quais podem ser agrupados de modo a caracterizar os diversos tipos de poluição, como, por exemplo: Poluição orgânica: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), fenóis e cloretos; Contaminação bacteriana: coliformes totais e fecais; Poluição geral: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura da água, resíduo total e turbidez.

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade das águas. As variações deste parâmetro ocorrem geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO_2), realizados pelos organismos fotossintetizantes e pelos fenômenos de respiração-fermentação de todos os organismos presentes na massa d'água, produzindo ácidos orgânicos fracos (BRANCO, 1986). De acordo com Von Sperling (1996), a variação do pH pode ter origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese) e/ou origem antropogênica (despejos domésticos e despejos industriais).

As variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termelétricas (CETESB, 2009).

À flora e à fauna aquáticas, os efeitos danosos provocados pelo aumento da temperatura são indiretos, pois, a elevação térmica implica maior movimentação dos seres aquáticos, com conseqüente acentuação do consumo de oxigênio dissolvido e diminuição do poder de retenção desse líquido (DERISIO, 2012).

Para Branco (1983), os resíduos sedimentáveis devem ser considerados na avaliação da poluição de um rio e são constituídos por partículas introduzidas pelos esgotos ou despejos industriais que, aos poucos, depositam-se no fundo do rio.

Consideram-se sólidos sedimentáveis aqueles cujas partículas são capazes de sedimentar no período de 1 hora. O valor é expresso em ml/L, medido em um recipiente denominado cone Imhoff. A fração que não sedimenta representa os sólidos não sedimentáveis, usualmente não expressos nos resultados de análises (SPERLING, 1996).

Segundo Von Sperling (1996), em um curso d'água, se a poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia e, se antiga, na de nitrato, em que as formas de nitrito são mais reduzidas.

A variável nitrogênio amoniacal corresponde ao nitrogênio proveniente de um composto derivado do amoníaco. Normalmente, é expresso em miligramas de nitrogênio por litro (NBR 9896/1993).

O Programa Água Azul[†] diz que o nitrogênio amoniacal ou amônia é formado por processo de decomposição de matéria orgânica, é uma substância não persistente e não cumulativa que não provoca danos fisiológicos a humanos ou animais, porém em grandes quantidades pode causar sufocamento de peixes.

A determinação da DQO resulta numa indicação do oxigênio necessário para estabilização da matéria orgânica (MOTA, 2008). De acordo com Von Sperling (1996), o teste mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica. Para o autor, as principais vantagens do teste de DQO são: leva apenas de 2 a 3 horas para ser realizado; o resultado fornece uma indicação do oxigênio requerido para estabilização da matéria orgânica.

Segundo Jordão & Pessôa (1995, p. 32), “a forma mais utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica presente é através da determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)”.

[†] Este programa é uma iniciativa do governo estadual do Rio Grande do Norte e ele consiste na medição e verificação periódica de parâmetros de qualidade de água, tanto para o acompanhamento da condição atual, sua evolução e controle da qualidade do corpo de água quanto para possibilitar a projeção de situações futuras. As informações aqui apresentadas foram obtidas no endereço eletrônico: <http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/index.php>

A expressão DBO, refere-se à quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica decomposta aerobiamente por via biológica (MOTA, 1995). A $DBO_{5,20}$ é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. (CETESB, 2009)

A maior parte dos seres aquáticos necessita de oxigênio para sobreviver. Segundo Von Sperling (1996), o oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.

Do ponto de vista ambiental, o decréscimo da concentração de OD tem diversas implicações, sobretudo em decorrência do desequilíbrio ecológico causado entre as comunidades aquáticas (ReCESA, 2007).

A concentração de OD na água depende de dois fatores principais: a temperatura aquática e a pressão atmosférica. Quanto menor a temperatura e maior a pressão, maior é a oxigenação da água. As principais fontes de perda de OD são o consumo pela decomposição de matéria orgânica, perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como o ferro e o manganês (ESTEVES, 1998).

Os Coliformes Totais pertencem a um grande grupo de bactérias que tem sido isolado de amostras de águas e solos poluídos, assim como de excrementos humanos e outros animais de sangue quente (VON SPERLING, 1996).

Jordão & Pessôa (1995) salientam que os organismos do grupo coliforme são adotados como indicadores da poluição de origem humana, por serem de simples determinação e típicos do intestino do homem e de outros animais de sangue quente (no excremento humano há 100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia). Von Sperling (1996) esclarece:

Os coliformes fecais são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais. O teste para determinar coliformes fecais é feito a uma elevada temperatura, na qual o crescimento de bactérias de origem não fecal é suprimido. A *Escherichia coli* é uma bactéria pertencente a este grupo. (VON SPERLING, 1996, p. 75).

Neste sentido ReCESA (2007) salienta que os principais organismos indicadores de contaminação fecal são as bactérias do grupo coliformes. Assim os coliformes totais (CT) estão presentes nas fezes, mas também em águas e solos não contaminados. Os coliformes fecais termotolerantes pertencem a um grupo predominantemente presente nas fezes,

contudo, o teste pode incluir bactérias não fecais. Por fim, o *Escherichia coli* (EC) é a principal bactéria do grupo coliformes fecais, abundante nas fezes dos animais e que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, contudo, não dá garantia que a contaminação seja humana.

O monitoramento de variáveis, que indicam o estado ambiental dos recursos hídricos, é essencial para identificar a vulnerabilidade local frente às poluições. Os dados do monitoramento fomentam as instituições de gerenciamento do recurso água para desenvolverem ações de sustentabilidade ambiental das águas, como, estratégias de recuperação, conservação e preservação.

Em cidades do oeste paulista, o cenário de degradação dos corpos d'água em função do aporte de esgotos sanitários é evidente, destacando-se, nesse cenário, os municípios de Presidente Prudente e Pirapozinho.

Em Presidente Prudente, a Estação de Tratamento de Esgotos Limoeiro, empreendimento operado pela Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), empresa ligada à Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Governo do Estado de São Paulo, teve o seu início de teste operacional em maio de 2004 e o início operacional oficial em setembro de 2004. Até então, o córrego Limoeiro recebia os despejos domésticos do município sem tratamento.

Em Pirapozinho, a Estação de Tratamento de Esgotos, também operada pela SABESP, teve início operacional em 2003 e antes disso, os esgotos gerados pelo município eram lançados sem tratamento no rio Pirapozinho.

O presente estudo realizou monitoramento de variáveis físicas, químicas e biológicas das águas em uma seção do rio Pirapozinho e em uma seção do córrego Limoeiro, após a influência das zonas urbanas dos municípios de Presidente Prudente e Pirapozinho, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema - UGRHI-22. O estudo avaliou o comportamento de variáveis limnológicas, monitoradas entre os anos de 2006 a 2015, para analisar a resposta da qualidade ambiental das águas do córrego Limoeiro e rio Pirapozinho, após a retirada do lançamento dos esgotos urbanos *in natura* destes corpos d'água, com o início da operação das Estações de Tratamento de Esgotos dos municípios de Presidente Prudente e Pirapozinho.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste presente trabalho foi realizada revisão bibliográfica sobre as áreas de estudo e sobre os temas relacionados ao monitoramento limnológico, teorias ecológicas de ambientes aquáticos, bacia hidrográfica e sua gestão e legislação ambiental.

Para a realização da análise da qualidade das águas superficiais foram realizadas coletas trimestrais, em uma seção do Córrego Limoeiro, no município de Presidente Prudente, e em uma seção do rio Pirapozinho, no município de Pirapozinho, ambos no estado de São Paulo, Brasil. A análise temporal foi realizada entre os anos de 2006 e 2015.

O rio Pirapozinho é um corpo d'água enquadrado como classe 2 de acordo com o Decreto acima mencionado. A seção monitorada no rio Pirapozinho situou-se a 200 metros a montante do lançamento do efluente tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto do município de Pirapozinho. As coordenadas geográficas desta seção são $22^{\circ} 15'37.96''S$, $51^{\circ} 30'48.91''O$, 979 m e sua localização está apresentada na parte superior da figura 1.

O córrego Limoeiro é um corpo d'água enquadrado como classe 4 de acordo com o Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. É um dos afluentes da bacia hidrográfica do Rio Santo Anastácio e sua extensão compreende os municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado. A seção monitorada no córrego do Limoeiro situou-se no município de Presidente Prudente, 200 metros a montante do lançamento do efluente tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto Limoeiro (ETE Limoeiro). As coordenadas geográficas desta seção são $22^{\circ}11'59.77''S$, $51^{\circ}46'98.88''W$ 368,32 m e sua localização está apresentada na parte inferior da figura 1.

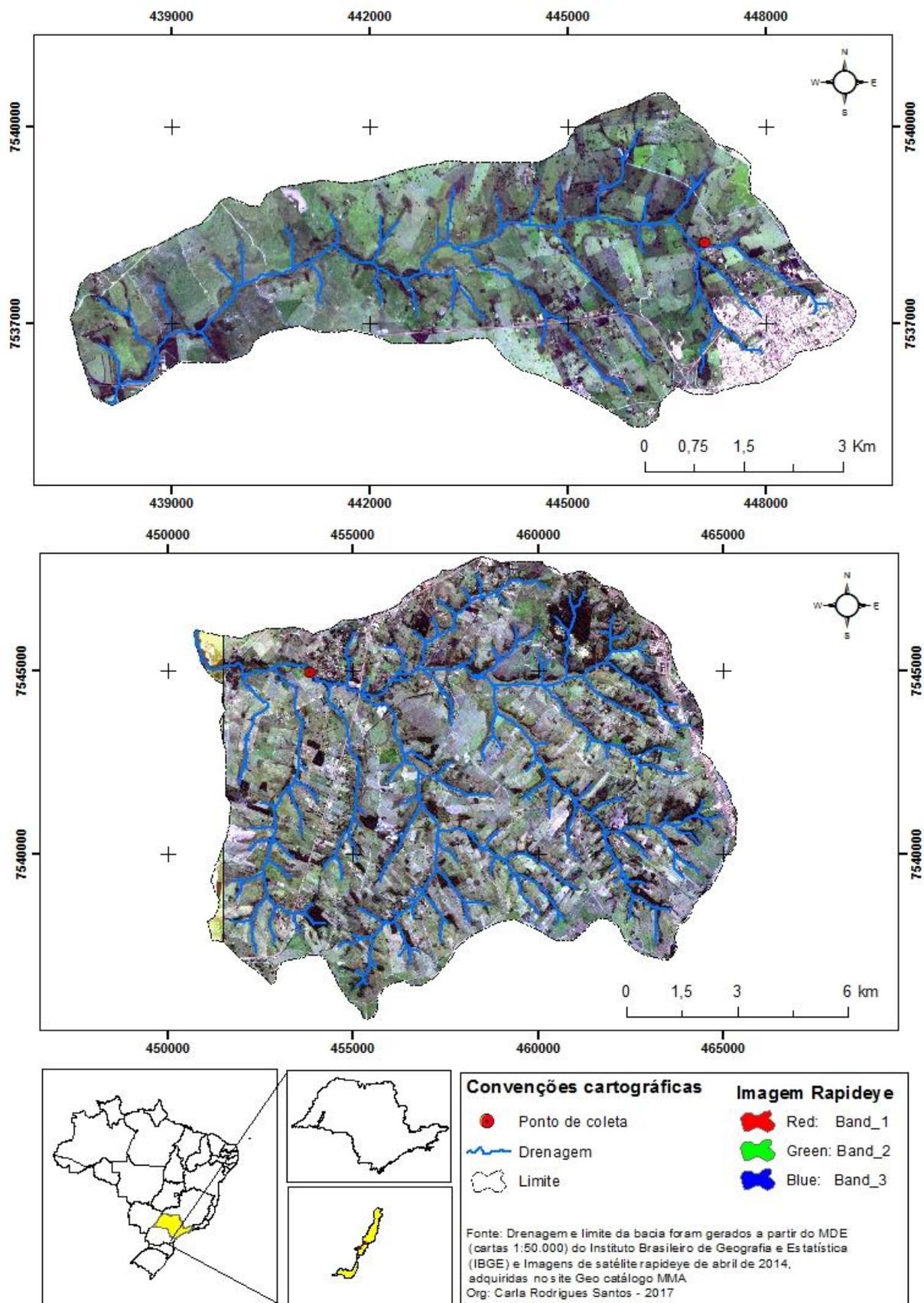


Figura 1 - Rede de drenagem, seção amostral e limite da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho (parte superior) e rede de drenagem, seção amostral e limite da bacia hidrográfica do córrego do Limoeiro (parte inferior).

Para o monitoramento das variáveis, foi utilizado o método de amostragem simples que de acordo com Derisio (2012), consiste na coleta de uma porção da água em estudo numa determinada data e hora.

As variáveis limnológicas amostradas foram: pH, temperatura da água, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido (OD), resíduo sedimentável, coliformes fecais e *Escherichia coli*.

Todas as análises foram realizadas no laboratório da Estação de Tratamento de Esgoto Limoeiro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), situado no município de Presidente Prudente. Foram utilizados aparelhos, normas e instruções internas do laboratório e os métodos foram baseados no Standard Methods For Examination of Water and Wastewater 22nd Edition, 2012.

As variáveis analisadas *in loco* foram pH e temperatura da água. A temperatura da água foi mensurada através de um termômetro com variação de 0°C a 50°C e o pH da água foi determinado com um aparelho digital portátil da marca *Orion Star* (modelo A221).

Para determinação da DBO foi utilizado o método respirométrico, baseado na quantificação de matéria orgânica contida na amostra por meio da oxidação biológica ocorrida em 5 dias. A DBO foi quantificada pelo consumo de oxigênio dissolvido da amostra por meio dos microrganismos. Para a referida análise utilizou-se o aparelho respirométrico da marca *WTW Oxitop*, modelo IS 12.

A demanda química de oxigênio foi mensurada por meio do método de refluxo fechado e colorimétrico, fazendo uso de reagente específico para DQO, da marca *Hach*, este reagente é composto por dicromato de potássio, ácido sulfúrico, sulfato de prata e sulfato de mercúrio. A metodologia consistiu em digerir a amostra a 150°C por duas horas. Após digestão e em temperatura ambiente (23° C) efetuou-se a leitura em espectrofotômetro marca *Hach*, modelo DR/2500.

Para determinação de oxigênio dissolvido foi utilizado o método iodométrico, que consiste na fixação do oxigênio da amostra com iodeto de azida sódica e sulfato manganoso, ainda em campo. Em laboratório a análise foi concluída com adição de fluoreto de potássio e ácido sulfúrico e titulada com tiosulfato de sódio, com o indicador de amido para visualização do ponto de viragem.

A determinação de nitrogênio amoniacal foi realizada utilizando-se método colorimétrico, por meio de kit de reagentes da marca *Hach*, compostos por tubo de diluição, para inserção da amostra, sachê contendo salicilato de amônia e sachê contendo cianurato de amônia. Para efetuar a análise transferiu-se 0,1 mL da amostra para o tubo e em seguida, foi adicionado

os saches de reagentes. Após 20 minutos foi realizada a leitura em espectrofotômetro da marca *Hach* (modelo DR/2500).

O método utilizado, para quantificar os sólidos sedimentáveis, foi o gravimétrico em Cone *Imhoff* que consistiu na quantificação de sólidos decantados em 1000 mL durante 60 minutos.

Os parâmetros microbiológicos, (coliformes totais e *Escherichia coli*) foram determinados utilizando-se o método substrato enzimático por meio de cartelas quantitativas da marca *Colilert*. Neste método, após realizar as diluições e mistura de substrato necessário, a amostra foi inserida na cartela, levada para selar, incubada por 18 ou 24 horas a $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Em seguida procedeu-se a contagem de coliformes totais e *Escherichia coli*. Nesta contagem observou-se a coloração e se obteve os resultados positivo e negativo. Os resultados foram classificados negativos para resultados sem alteração da cor. Para Coliformes Totais considerou-se positivo quando coloração amarela, para *E. Coli* considerou-se positivo quando coloração azul fluorescente sobre a luz UV, expressando-se os resultados em NMP (números mais prováveis).

3. RESULTADOS

Os resultados das variáveis monitoradas no presente trabalho foram apresentados separados de acordo com a seção amostral.

3.1. Resultados das variáveis monitoradas na seção amostral do córrego Limoeiro

Os valores da temperatura da água, monitorados no córrego Limoeiro estão apresentados na Figura 2A. Observaram-se valores menores de temperatura nos meses de junho, em todos os anos analisados. Nesse período foram registradas temperaturas de até 22°C , sendo a temperatura mais alta de $33,6^{\circ}\text{C}$, registrada no mês de fevereiro de 2015.

Para o córrego Limoeiro, corpo hídrico de classe 4, poucas são as exigências quanto a qualidade de suas águas. Dentre as variáveis monitoradas neste trabalho, apenas OD e pH possuem limites numéricos impostos pela Resolução CONAMA nº 357/05. De acordo com a resolução, o pH de água doce de classe 4 deve se apresentar no intervalo de 6,0 a 9,0 e o OD deve ser superior a $2,0\text{ mg/L}$ de O_2 em qualquer amostra. O OD e o pH do córrego Limoeiro se apresentam dentro dos padrões estabelecidos pela referida Resolução.

O pH (Figura 2B) do córrego Limoeiro apresentou uma pequena variação no período amostrado, seus valores se mantiveram numa faixa de 7,28 e 8,10. Os valores acima de 8,0 foram registrados em junho de 2010 (8,10), outubro de 2012 (8,02) e julho de 2015 (8,13). Nos outros meses o pH ficou próximo a neutralidade. Observou-se que, os resultados obtidos de pH, em todo o período monitorado, apresentaram-se dentro dos limites impostos pela Resolução CONAMA nº 357/05.

Os valores de resíduo sedimentável (Figura 2C) oscilaram de 0 a 1 ml/L em todo o período amostrado, foi registrado apenas um pico de 2,5 ml/L no mês de junho de 2008.

De acordo com a Figura 2D, o nitrogênio amoniacal a partir de fevereiro de 2008 apresentou concentrações mais baixas do que em anos anteriores, 2006 e 2007, com exceção do mês de fevereiro de 2007. Observou-se também que a partir de 2008, as concentrações de nitrogênio amoniacal apresentaram tendência de valores menores a cada ano. Foi observado padrão sazonal para esta variável para os anos de 2007, 2008, 2009 e 2010.

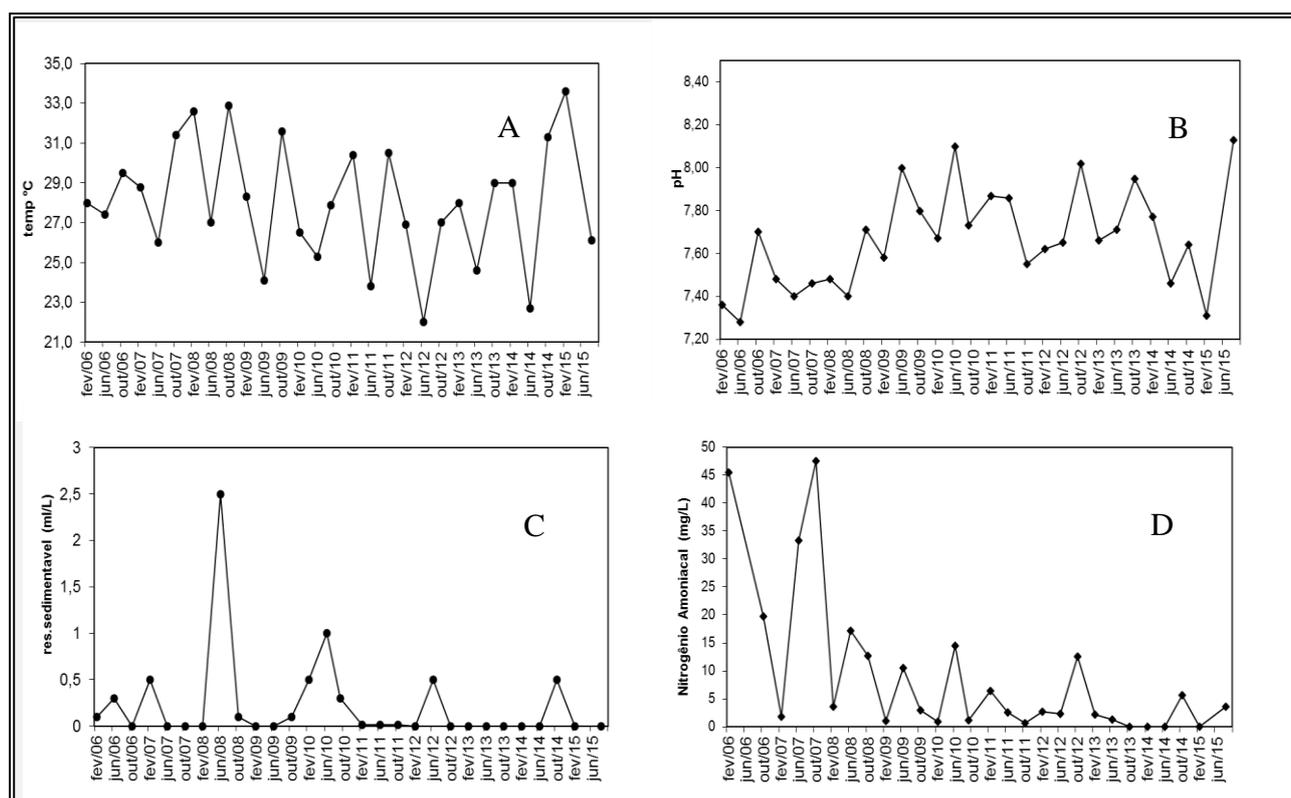


Figura 2 - Variação temporal de (A) temperatura, (B) pH, (C) resíduo sedimentável e (D) nitrogênio amoniacal do Córrego Limoeiro. **Org.:** SILVA, 2015.

As concentrações da DQO, observadas na figura 3E, reduziram significativamente a partir de outubro de 2008. Os registros apontaram para uma variação sazonal em todo

período estudado, os valores encontrados variaram de 317 mg/L em outubro de 2007 a 13 mg/L em junho de 2013.

As mesmas variações observadas na DQO também foram observadas para DBO (Figura 4F). A mais alta concentração de DBO encontrada foi de 140 mg/L em outubro de 2007 e a mais baixa foi de 1 mg/L em fevereiro de 2009. Os valores obtidos revelaram que a partir de fevereiro de 2008 houve uma expressiva queda da carga orgânica no córrego Limoeiro.

Inversamente proporcional às concentrações de DQO e DBO, o OD (Figura 3G) apresentou aumento de seus valores após o ano de 2008. Os registros obtidos demonstraram que o OD, a partir de fevereiro de 2008, aumentou a cada período posterior amostrado, atingindo um pico de 10,2 mg/L em junho de 2015. Destaca-se que após o ano de 2008 as concentrações de OD apresentaram-se dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05.

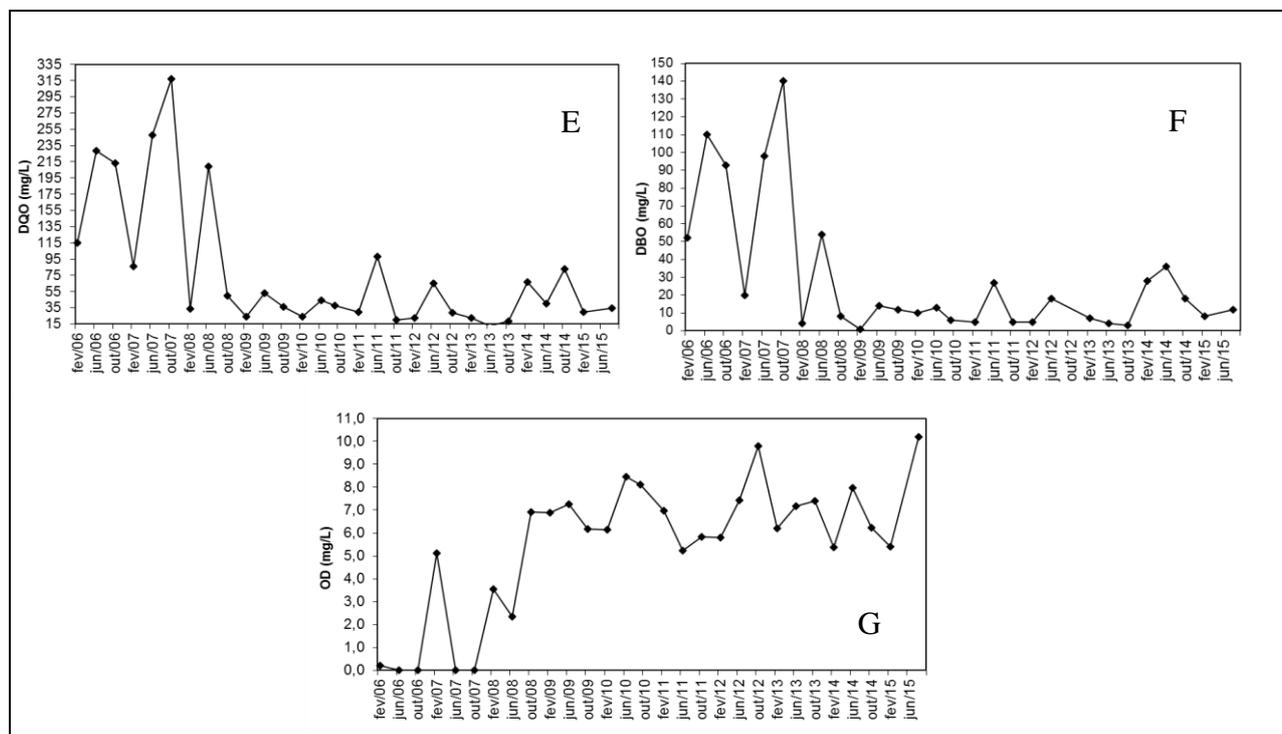


Figura 3 - Variação temporal de (E) DQO, (F) DBO e (G) OD, registradas no córrego Limoeiro. **Org.:** SILVA, 2015.

A concentração de coliformes totais (Figura 4H) apresentou uma diminuição de seus valores a partir de 2008, mantendo uma faixa de $1,73E+05$ a $4,11E+06$ NMP. No intervalo entre os anos de 2008 a 2015 houve apenas um registro de coliformes totais acima de $1,72E+07$, em fevereiro de 2010. Nos anos anteriores a 2008 as concentrações apresentaram-se mais elevadas, com pico de $3,26E+07$ NMP em fevereiro de 2006.

A análise temporal de *Escherichia coli* (Figura 4I) apresentou-se proporcional ao comportamento de coliformes totais. Foram observados queda nos valores após 2008, atingindo o valor de $7,76E+05$ NMP em junho de 2012. Diferentemente em anos anteriores quando se registrou valores de até $2,62E+06$ NPM (fevereiro de 2006) e $2,49E+06$ NPM (junho de 2007).

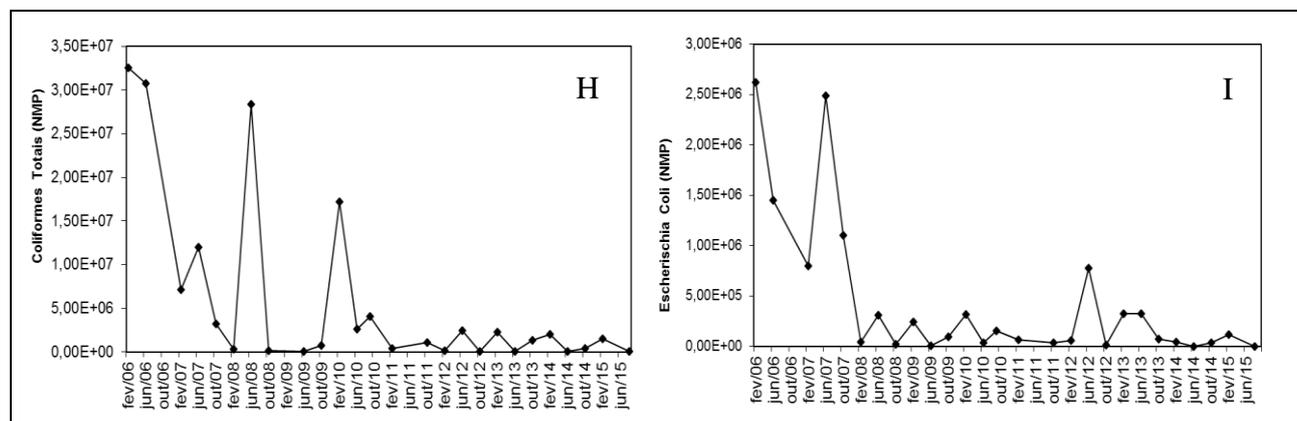


Figura 4 - Córrego Limoeiro, variação temporal de (H) coliformes totais e (I) *Escherichia Coli*. **Org.:** SILVA, 2015.

3.2. Resultados das variáveis monitoradas na seção amostral do rio Pirapozinho

Os valores da temperatura da água obtidos no rio Pirapozinho estão apresentados na Figura 5A. Nos meses tipicamente mais frios, as temperaturas do rio também foram baixas, sendo que em junho de 2010 foi registrado 17°C , a menor temperatura do período analisado. A temperatura mais elevada foi registrada em novembro de 2014, atingindo o valor de $31,3^{\circ}\text{C}$.

O pH (Figura 5B) apresentou valores de 6,73 (julho de 2007 e 2008) a 8,06 (novembro de 2011).

Os valores de resíduo sedimentável (Figura 5C) obtidos ficaram abaixo de $0,3\text{ml/L}$.

Ao analisar o nitrogênio amoniacal do rio Pirapozinho (figura 5D) foi constatado que houve um decréscimo em sua concentração a partir de 2008. Apesar de destacar-se ocorrência de valores nulos após o ano de 2008, se observou durante o período estudado valores que se mantiveram em desacordo com a legislação ambiental. A Resolução Conama 357/05 preconiza valores limites de nitrogênio amoniacal de acordo com os valores de pH, sendo: $3,7\text{mg/L N}$, para $\text{pH} \leq 7,5$; $2,0\text{ mg/L N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; $1,0\text{ mg/L N}$, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; $0,5\text{ mg/L N}$, para $\text{pH} > 8,5$. Assim, foram notados valores em desconformidade

para os meses de março, junho e novembro de 2006, março, julho e novembro de 2007, novembro de 2011 e julho de 2014.

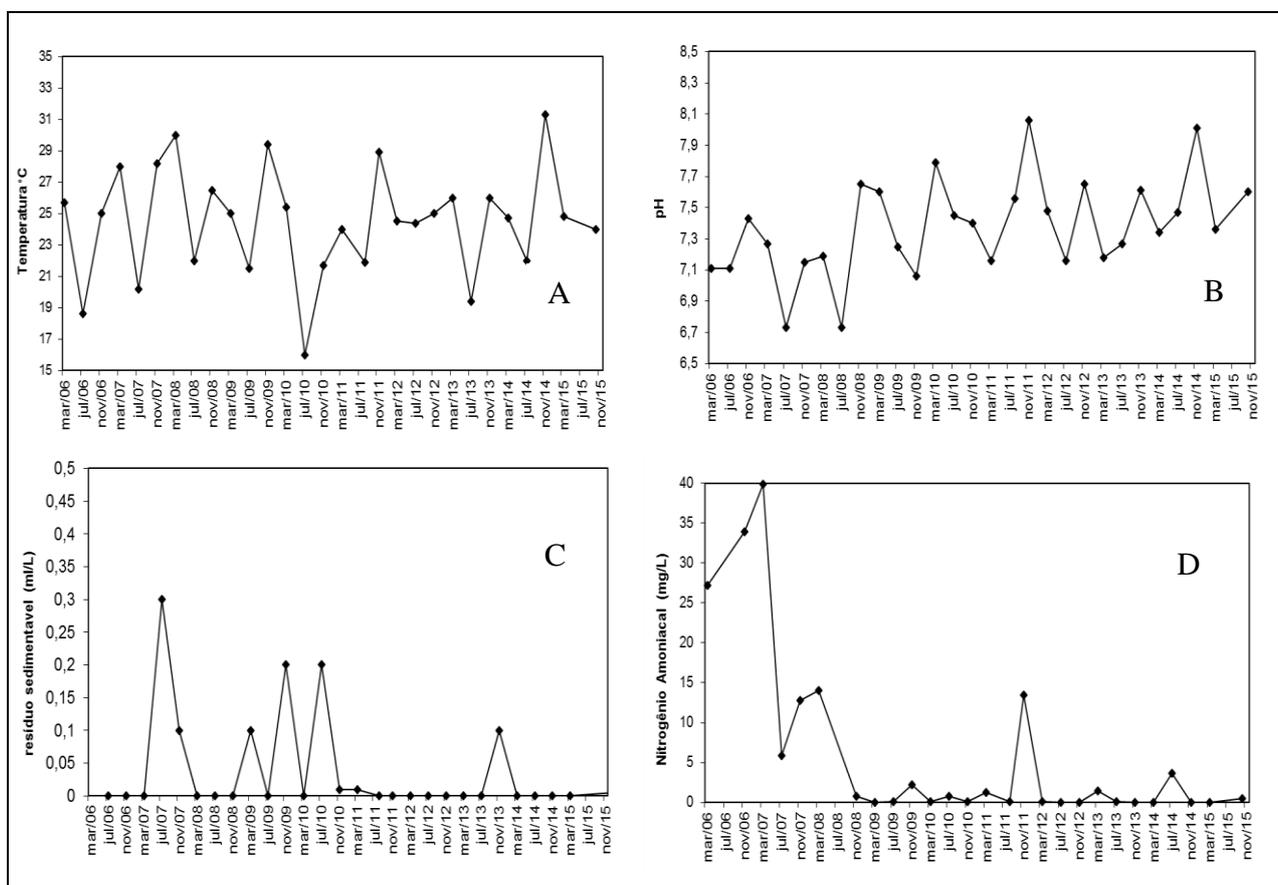


Figura 5 - Variação temporal de (A) temperatura, (B) pH, (C) resíduo sedimentável e (D) nitrogênio amoniacoal do rio Pirapozinho. **Org.:** SILVA, 2015.

Os valores obtidos de DQO estão apresentados na Figura 6E. Observou-se um pico de 690 mg/L de DQO em março de 2007 e o menor valor encontrado foi 2mg/L em julho de 2013.

Os resultados de DBO estão apresentados na Figura 6F. Observou-se que durante o período estudado a DBO variou de 0 a 259mg/L, a menor concentração foi 1mg/L registrada em fevereiro de 2009 e a maior 259mg/L, em julho de 2009. Em agosto de 2011, julho de 2013 e novembro de 2014 os valores de DBO apresentaram-se nulos.

De acordo com a Resolução Conama 357/05 os valores da variável DBO devem se apresentar até 5 mg/L O₂. Neste contexto, os resultados indicaram que em alguns meses os valores de DBO se apresentaram em não conformidade com a legislação ambiental.

Os resultados de OD estão apresentados na Figura 6G. Para OD foi observado o maior valor no mês de março de 2009 quando a sua concentração chegou a 9,26 mg/L e o menor valor registrado no período monitorado foi de 0,63 mg/L em julho de 2008.

Para um corpo d'água classe 2 os resultados de OD, em qualquer amostra, não pode ser inferior a 5 mg/L O₂. Diante deste limite pôde-se observar que em alguns meses os valores de OD se apresentaram menores do que o preconizado pela resolução ambiental.

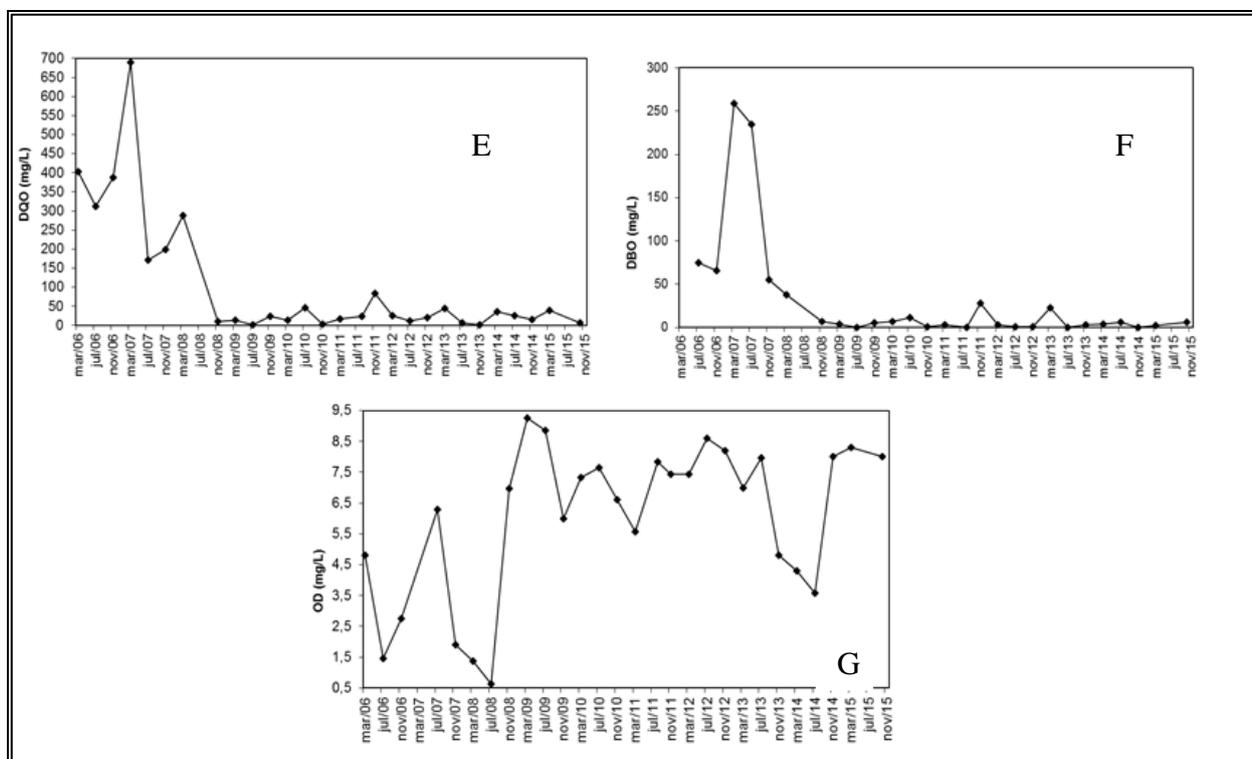


Figura 6 - Variação temporal de (E) DQO, (F) DBO e (G) OD da seção do rio Pirapozinho. **Org.:** SILVA, 2015.

A Figura 7H apresenta os registros de Coliformes totais e puderam-se notar números elevados nos anos de 2006 a 2008. O maior valor foi registrado em março de 2008 (2,42E+07 NMP), a partir de novembro de 2008 esses números apresentaram queda chegando a 2,09E+04 NMP no mês de julho de 2012.

Para os resultados de *Escherichia coli* (Figura 7I) foram observados picos isolados em 2006, 2011 e 2013, de modo geral os números registrados para esta variável se mantiveram numa faixa baixa, o menor número encontrado no período monitorado foi 3,68E+02, em março de 2010, e o mais elevado teve registro em março de 2006 (1,46E+06 NMP).

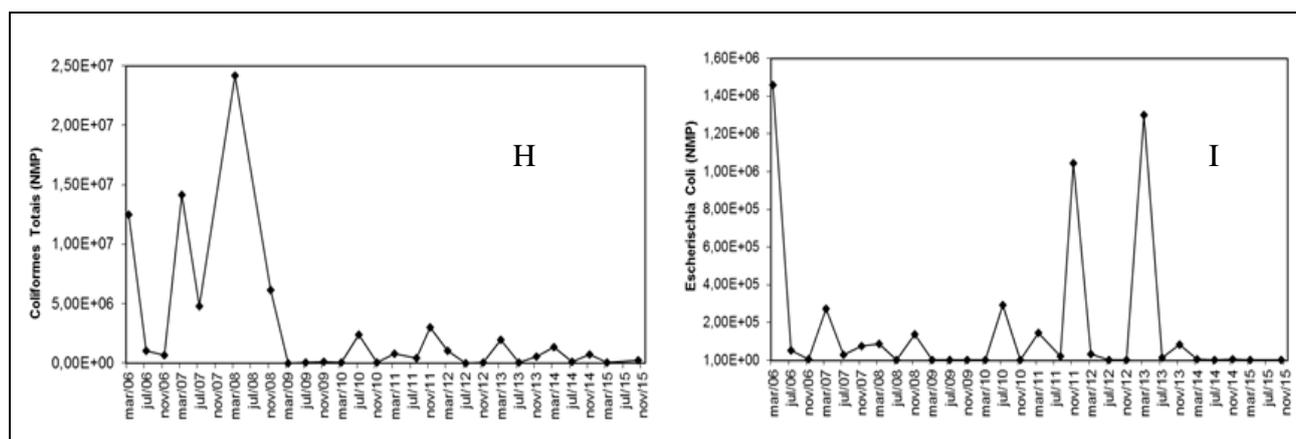


Figura 7 - Variação temporal de (H) coliformes totais e (I) *Escherichia coli* no rio Pirapozinho. **Org.:** SILVA, 2015.

4. DISCUSSÃO

As temperaturas da água, tanto do córrego Limoeiro, quanto do rio Pirapozinho, apresentaram tendências sazonais, ou seja, variaram de acordo com a estação do ano, maiores valores da temperatura da água durante a estação chuvosa e temperaturas menores durante a estação de inverno.

A influência dos fatores climáticos na temperatura de corpos d'água superficiais foi também observada por outros pesquisadores (Borges, 2003; Silva *et al.* 2008; Lemos *et al.*, 2010; Oliver e Ribeiro, 2014).

Os resultados obtidos neste estudo corroboraram com Cetesb (2014), que diz que as mudanças térmicas são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

Os valores de pH registrados nos córregos amostrados apresentaram variação pouco expressiva, mantendo-se na escala da neutralidade.

Estes registros corroboraram com os resultados encontrados por Molina (2006), quando avaliou o córrego Água da Bomba (classe 2), em Regente Feijó –SP, e encontrou variação do pH entre 6,6 a 7,5 no período estudado.

Em relação ao comportamento do nitrogênio amoniacal, pôde se verificar que em ambos os córregos, houve uma tendência decrescente dos valores com a diminuição de lançamento de esgoto *in natura* nos corpos d'água. Entretanto, valores fora dos padrões exigidos pela legislação, após a coleta e tratamento do esgoto, podem indicar lançamento de esgotos clandestinos nos corpos d'água. Para esta comprovação é necessária uma verificação

da malha urbana para avaliar se está ocorrendo, na totalidade, a captação e tratamento dos esgotos urbanos.

Por outro lado, deve se atentar ao fato de que os córregos receberam por muitos anos os esgotos *in natura* e provavelmente os sedimentos de fundo foram fertilizados e a ressuspensão pode provocar uma fertilização das águas com as frações de nitrogênio. Tendo em vista que as frações de nitrogênio se apresentam de acordo com o metabolismo dos ecossistemas e em razão das variações de pH e oxigênio dissolvido, os valores de nitrogênio amoniacal podem se apresentar maiores em determinados períodos do ano em virtude das condições climáticas que modificam as variáveis supracitadas.

Dessa forma, os resultados registrados apontam para o fato de que os esgotos domésticos lançados nos corpos d'água contribuem para a presença de nitrogênio amoniacal neles. Isso vem ao encontro do que é posto por CETESB (2014), que aponta os esgotos como principais fontes de nitrogênio orgânico - devido à presença de proteínas -, e nitrogênio amoniacal - pela hidrólise da ureia na água. Camargo *et al.* (1995) também atestaram o aumento de nitrogênio amoniacal em corpos d'água em função do despejo de esgotos domésticos.

No córrego Limoeiro, as concentrações da DQO reduziram significativamente a partir de outubro de 2008. Contudo, os registros apontaram para uma variação sazonal em todo período estudado. No rio Pirapozinho, também se observou um decréscimo de concentração de DQO após o ano de 2008.

Estes resultados coincidem com os Borges (2003), que registrou DQO entre 13 e 83,8 mg/L no córrego Cerradinho (classe 4), após a inserção de interceptores de esgoto como forma de despoluição do córrego.

As mesmas variações observadas na DQO também são registradas para DBO, pois, de acordo com CETESB (2014) embora os valores de DQO sejam superiores aos da DBO, ambos possuem relação proporcionalmente direta e o oxigênio dissolvido (OD), indireta.

Alves (2009), ao investigar a influência antrópica no rio Coxipó, classificado como classe 2, no período de abril/2007 a dezembro/2008, evidenciou que a ação antrópica pode causar aumento nas concentrações de DBO no corpo hídrico.

É importante destacar que a tendência sazonal da variável DBO dá-se também pelo aporte de sólidos e matéria orgânica na água, que pode ser causada pela precipitação pluvial no período. Andrade (2010) também encontrou esta evidência em seus estudos, realizados na sub-bacia do córrego Palmital, Viçosa MG.

O oxigênio dissolvido (OD) é vital para os seres aquáticos aeróbios. De acordo com Von Sperling (1996), o oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Este elemento é necessário para manter as condições de vida de alguns organismos na água e para a decomposição aeróbica do despejo poluidor. Quando o despejo é grande e o oxigênio se esgota, inicia-se o processo de decomposição anaeróbica (TUCCI, 2006).

As águas das seções amostradas apresentaram tendências inversamente proporcionais da variável oxigênio dissolvido em relação às variáveis DQO e DBO, ou seja, maiores concentrações de DQO e DBO e menores concentrações de oxigênio dissolvido. A partir do não lançamento da carga de esgotos nos córregos amostrados, registros de OD se apresentaram de forma crescente nos anos subsequentes. De acordo com Esteves (1998), a principal perda de oxigênio está relacionada com o consumo pela decomposição da matéria orgânica, que pode ser representada pela DQO e ou pela DBO. Isto significa que os esgotos domésticos exerceram uma forte pressão antrópica sobre a saúde ambiental dos corpos d'água estudados.

Ao investigar diferentes seções do rio Caxipó, Alves (2009) observou que onde há maior pressão antrópica, menores são os valores de OD. Neste contexto, observa-se que o homem se utiliza de corpos hídricos para diluir seus esgotos domésticos, mas muitas vezes a capacidade de diluição não é o suficiente. Assim, o corpo d'água por possuir organismos decompositores, ao receberem essa carga orgânica, irão se proliferar e conseqüentemente haverá o consumo de oxigênio dissolvido por meio da respiração destes organismos (Nozaki *et al.* 2014, Orssatto, 2008, Molina, 2006).

O presente estudo registrou concentração de coliformes totais no córrego Limoeiro. A análise temporal apresenta uma diminuição a partir de 2008. Os registros após o ano de 2008 indicam ainda o incremento de esgotos domésticos no córrego Limoeiro mesmo após a captação e tratamento dos esgotos domésticos do município de Presidente Prudente. Indicando ainda a entrada de poluição orgânica no córrego do Limoeiro. Os registros de coliformes totais do rio Pirapozinho apontaram números elevados nos anos de 2006 a 2008. A partir de novembro de 2008, esses números apresentaram significativa queda. Mas, com a mesma tendência do córrego Limoeiro, ou seja, em alguns meses do ano apresentou presença de coliformes totais, indicando impacto por contaminação fecal. Conforme Farias (2006), é comum detectar os coliformes totais em águas brutas, visto que se trata de um grande grupo de bactérias.

Na análise temporal de *Escherichia coli* nos dois córregos pôde-se observar diminuição significativa dos valores, entretanto, mesmo o município apresentando coleta e tratamento pela SABESP foi observado meses com presença de *Escherichia coli* nas águas monitoradas.

5. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que houve uma melhoria significativa na qualidade da água após o ano de 2008 em ambas as seções amostradas. Este fato está relacionado ao não lançamento de esgotos domésticos *in natura* nos canais estudados, que ocorreu a partir de 2003 com o início do tratamento dos esgotos urbanos, por meio da operação das Estações de Tratamento de Esgotos dos municípios de Presidente Prudente e de Pirapozinho. A reversão dos esgotos domésticos para estação de tratamento se deu gradativamente, de 2003 a 2008, até atingir o seu total afastamento dos corpos hídricos e com isso, houve melhoria crescente na qualidade ecológica da água ao longo dos anos. As principais variáveis que indicaram a melhoria dos corpos hídricos monitorados foram DBO e OD. A DBO teve uma diminuição considerável e registros de aumento de OD em ambas as seções amostradas o que comprova que a descarga de esgotos *in natura* modifica drasticamente a qualidade ambiental dos corpos d'água, provocando alterações físicas, químicas e biológicas levando a sérios prejuízos de seus usos preponderantes.

O estudo permitiu concluir que o monitoramento limnológico é uma ferramenta essencial aos gestores dos recursos hídricos para o planejamento das demandas e ofertas das águas superficiais e garantia da sustentabilidade do sistema aquático.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, E. C. R. de F. **Monitoramento qualiquantitativo da bacia hidrográfica do rio Coxipó – MT: uma ferramenta para implementação da gestão participativa dos recursos hídricos.** Dissertação – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá: 2009.

ANDRADE, L. C. R de. **Estudo do meio físico e das atividades antrópicas na qualidade da água na sub-bacia do córrego Palmital.** Dissertação - Universidade Federal de Viçosa: 2010.

BRANCO, S. M. **Poluição: A morte de nossos rios.** 2ª ed. São Paulo. Ed. CETESB, 1983.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária.** 3ª ed. São Paulo. CETESB/ACATESB. 1986. 640p

BORGES, M. J. **Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal.** In: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Volume 8, n.2, 2003, 161–171.

CAMARGO, A. F. M.; BINI, L. M.; SCHIAVETTI, A. **Avaliação dos impactos provocados pelas descargas de esgotos orgânicos em alguns corpos d'água do município de Rio Claro.** In: ESTEVES, F. A. (Coord.). *Oecologia Brasiliensis*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. p. 395-406.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 4ª edição atualizada, São Paulo, Oficina de Textos, 2012.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Interciência, 2ªed. Rio de Janeiro, 1998 - 602 p.

FARIAS, M. S. S. de. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo.** Tese - Universidade Federal de Campina Grande: 2006

HARTMANN, M.; FERNANDO, A. M.; MARCO, A. AM. **Estudos das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente SP.** *Revista brasileira de meteorologia*. V.26, n.4, 561, 2011.

HESPANHOL, K. M. H. **Monitoramento e diagnóstico da água do ribeirão Morangueiro,** 2009, 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 3.ed., Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 1995 – 681 p.

LEMOS, M.; Neto M. F.; DIAS, N. S. **Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi,** RN. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.2, p.155–164, 2010.

MOLINA, P. M. **Diagnóstico da qualidade e disponibilidade de água na microbacia do córrego Água da Bomba no município de Regente Feijó.** São Paulo: Dissertação - UNESP Ilha Solteira, 2006.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2ª ed. atualizada. Rio de Janeiro: ABES, 1995

MOTA, S. **Conservação e preservação de recursos hídricos,** 2ª ed. revisada e atualizada, Rio de Janeiro, ABES, 2008.

NOZAKI, C. T; MARCONDES, M. A; LOPES, F. A.; SANTOS, K. F. dos; LARIZZATTI P. S. da C. **Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos.** *Atlas de Saúde Ambiental*, Vol. 2, nº 1, Jan/Abr., 2014.

OLIVER, S. L.; RIBEIRO, H. **Variabilidade climática e qualidade da água do Reservatório Guarapiranga**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 95-128, dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 19 de junho de 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Declaração da “ONU Água” para o Dia Mundial da Água 2010. 2010. Disponível em: <http://www.unwater.org/downloads/unw_wwd_statement1.pdf>. Acesso em 17 junho 2016.

ORSSATTO, F. **Avaliação do oxigênio dissolvido do Córrego Bezerra a montante e a jusante de uma estação de tratamento de esgoto sanitário**. Cascavel, Paraná. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 27-28, set. 2008.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. v. 1, n.1, p. 20-36, 2004.

SÃO PAULO. DECRETO ESTADUAL Nº8468 de 08 de setembro de 1976.

SÃO PAULO. CETESB. *Companhia Ambiental do Estado de São Paulo*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso: 2016.

SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F.; MACHADO L. A. T., WAICHAMAN A. V. **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus**. Acta amazônica. vol. 38(4), p. 733 – 742, 2008.

TUCCI, Carlos E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica** – Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Qualidade Ambiental – Rhama Consultoria Ambiental 2006.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. 2ª ed. São Carlos, RiMa IIE, 2003.

VEROL, A. P.; VOLSCHAN, I. J. **Inventário e análises de padrões de lançamento de esgotos sanitários: visão nacional e internacional**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 231 p., 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª Ed., - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.

Recebido em: 28/08/2016

Aceito em: 19/04/2017