

Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó

Roselene Maria Schneider, Rosane Freire, Eneida Sala Cossich, Paulo Fernando Soares, Fabrício Hernandes de Freitas e Celia Regina Granhen Tavares*

Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: celia@deq.uem.br

RESUMO. Este trabalho relata o conteúdo de uma avaliação das características das sub-bacias dos córregos Mandacaru e Romeira, por meio dos parâmetros de qualidade associados a estes córregos. A diferença mais significativa entre as vertentes dessas sub-bacias está nos usos e ocupação destas. Enquanto a vertente do córrego Mandacaru apresenta urbanização, a vertente do córrego Romeira tem sua área utilizada para atividades agrícolas. Os resultados das visitas de campo e os dados obtidos pelas análises da água desses córregos demonstram que os efeitos antrópicos são responsáveis pela degradação dos canais e redução da qualidade. O canal do córrego Mandacaru apresenta pontos de despejo de esgoto e lixo. Em contrapartida, o córrego Romeira apresenta poucos trechos degradados pela ação humana. Dessa forma, considerando-se uma análise geral, pôde-se observar que a influência da cidade na vertente da sub-bacia do córrego Mandacaru é mais significativa em termos de degradação em relação às atividades agrícolas exercidas na sub-bacia do córrego Romeira.

Palavras-chave: córregos urbano e rural, qualidade da água.

ABSTRACT. *The influence of land use and occupancy in the water quality of two streams of the Pirapó river catchment area.* This article brings some information about two river basins, and a water quality study from the streams. The greater difference between river basins areas is the soil utilization and occupation. While one of them is completely urbanized, the other one has the area used for agriculture. The results from field visits and water quality parameters showed that the human presence contributes to the channel degradation. The Mandacaru stream receives a high load of wastewater and urban waste. At Romeira stream, urban waste is not usually observed, and the human presence is not quite disturbing. Thus, making a general analysis, we may percept that the anthropogenic urban area affects more the ambient than the field area.

Keywords: urban and rural streams, water quality.

Introdução

O ciclo hidrológico natural é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando o homem entra nesse sistema e se concentra no espaço, produz grandes alterações que modificam drasticamente esse ciclo (MENEZES et al., 2009) e trazem consigo impactos significativos para o próprio homem e para a natureza, ou seja, gera-se escassez em termos de quantidade de água. No passado, quando as cidades eram menores e a necessidade por abastecimento (alimentos e energia) era pequena, o impacto ambiental também era reduzido (VASILIEV; BOLGOV, 2008).

A ação humana pode causar pequenas ou grandes alterações, dependendo da atividade. Em geral, a presença de industrialização acarreta as maiores cargas de poluentes para o ambiente lótico, mas a simples presença da urbanização e as atividades agrícolas são

também importantes geradores de poluição (BECHINI; CASTOLDI, 2009; MADRID et al., 2008; SANTOS et al., 2006).

Com o aumento da urbanização e com o uso de produtos químicos na agricultura e no ambiente em geral, a água utilizada nas cidades, indústrias e na agricultura retorna contaminada aos rios (ALVES et al., 2008; OLLI et al., 2009). As consequências da expansão urbana sem uma visão ambiental são a deterioração dos mananciais e a redução da cobertura de água segura para a população, ou seja, escassez qualitativa (PRAT; MUNNÉ, 2000).

Em relação à presença urbana, pode-se dizer que muitos fatores trazem prejuízo ao canal fluvial.

A impermeabilização do solo, ocasionada pela malha asfáltica, não permite que haja recarga eficiente do solo, o que pode levar à redução do

nível do lençol freático e, portanto, do nível de base do rio (POFF et al., 2006). Além disso, a malha urbana serve como corredor da água da chuva, transportando esta o mais rápido possível do local onde ela caiu até o rio. Esse processo faz com que o tempo de recorrência de um evento pluviométrico diminua em relação ao tempo de recorrência existente anteriormente à presença da urbanização. O prejuízo para o canal vem do fato de que, pelo menor tempo que a água leva para chegar até o rio, intensifica a velocidade e o volume deste, causando forte impacto no canal, como a degradação deste em relação ao canal original do rio (JULIAN; TORRES, 2006).

Os esgotos, lançados de forma arbitrária e sem tratamento, e o lixo são os maiores causadores de impactos em canais urbanos. O esgoto polui as águas, alterando-lhe as características físico-químicas e biológicas (TAEBI; DROSTE, 2004), enquanto que o lixo acarreta poluição visual das margens do ambiente lótico.

Nas áreas utilizadas para práticas agrícolas, modificações na superfície do solo são realizadas para que se possam introduzir as diferentes culturas. Em geral, a modificação da cobertura do solo modifica a rugosidade deste, fazendo com que haja aumento ou redução do escoamento superficial em eventos pluviométricos. Quando a rugosidade é aumentada, pela presença de plantas ou pelo terraceamento, menores cargas de constituintes superficiais do solo podem potencialmente alcançar os rios (CHEN et al., 2009; SUTTON; FISHER, 2009).

Considerando-se as regiões com baixas rugosidades, por pavimentação nas cidades, ou pelo solo exposto nos períodos de entressafra, altas velocidades da água são esperadas em eventos de chuva. Dessa forma, todo e qualquer corpo que estiver no caminho da água poderá ser levado das vertentes ao rio. Esses corpos arrastados apresentam diferentes formas, tamanhos, densidades e origens. Dependendo de suas características físicas, eles poderão ser transportados para lugares mais ou menos próximos de seu local de origem, podendo poluir por onde passar, pela capacidade de modificar as características físico-químicas e biológicas ou pela alteração da paisagem (XIAO-LONG et al., 2007).

Considerando-se que as diferentes atividades presentes numa bacia hidrográfica levam a diferentes alterações no canal fluvial, o objetivo do presente trabalho é avaliar o comportamento de alguns parâmetros de qualidade da água sob a visão de diferentes usos e ocupação do solo.

Material e métodos

Localização da área de estudo

O Estado do Paraná, apesar de ser um dos menores Estados em extensão territorial do Brasil, apresenta rede hidrográfica considerável. A bacia hidrográfica do rio Paraná abrange importantes bacias, tanto do ponto de vista econômico, como social. Dentre estas bacias hidrográficas, pode-se citar a bacia do rio Pirapó.

O Pirapó é um rio com 168 km de extensão, que drena 5.076 km² do Norte do Estado do Paraná. Sua bacia hidrográfica está situada na mesorregião Norte-central do Estado do Paraná, dentro do polígono delimitado pelas Latitudes de 22°30' e 23°30' Sul e Longitudes de 51°15' e 52°15' Oeste. Sua nascente está localizada no município de Apucarana e sua foz, no rio Paranapanema, na cidade de Jardim Olinda. Além disso, possui 70 afluentes e abrange um total de 28 municípios em toda a sua extensão, dentre os quais, pelo menos 14 são abastecidos por suas águas, incluindo o município de Maringá.

O município de Maringá está localizado no Norte do Estado do Paraná e possui área de 486 km², na qual está situada a bacia do ribeirão Maringá. Este ribeirão é afluente da margem esquerda do rio Pirapó e recebe as águas dos córregos Romeira e Mandacaru. Sua bacia está localizada na região Norte do município, suas principais nascentes encontram-se dentro do perímetro urbano e o restante da área de drenagem, no domínio rural. Essa bacia drena uma área de 90,37 km², com cotas altimétricas que variam de 375 a 600 m (BORSATO; MARTONI, 2004). A Figura 1 ilustra a localização da área de estudo.

O córrego Mandacaru drena uma área de 15,80 km², situada em sua maior parte no meio urbano. O córrego tem a direção Noroeste - sudeste e possui várias nascentes. O córrego Romeira drena uma área de 8,41 km² pela margem esquerda do ribeirão Maringá, e toda sua área está localizada no meio rural.

A determinação dos parâmetros de qualidade da água ocorreu por meio de medidas "in situ" e em laboratório. As medidas realizadas diretamente no curso de água foram as de temperatura, de oxigênio dissolvido e de pH. Em laboratório eram realizadas as análises de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez, coliformes totais, fósforo total, nitrogênio total e sólidos suspensos (APHA, 1995; SILVA; OLIVEIRA, 2001).

As amostras de água para as determinações em laboratório eram coletadas mensalmente, no período da manhã. Após a coleta, as amostras eram preservadas por resfriamento e acidificadas de acordo com o especificado pela literatura (APHA, 1995).

As quantidades de água coletadas variaram de acordo com a análise a ser realizada, porém, sempre excederam o valor recomendado para se garantir representatividade nos procedimentos laboratoriais. A Figura 2 apresenta a bacia do ribeirão Maringá, de forma genérica, e os locais de coleta das amostras de água, P1 e P2.

Resultados e discussão

Diferenças significativas foram observadas nos canais e nos dados obtidos a partir das análises, uma vez que o estudo realizado ocorreu em dois ambientes lóticos, com uso e ocupação distintos. Pela Figura 3 é possível observar a diferença mais marcante entre as

vertentes: a presença da urbanização em uma delas e a atividade rural na outra.

O canal do córrego Mandacarú possui área de drenagem maior do que a área de drenagem do canal do córrego Romeira, porém, pelo fato de o ponto de coleta localizar-se na parte média daquele córrego, as áreas de drenagem das sub-bacias de ambos os córregos, até os pontos de coleta, apresentam valores próximos de superfície das sub-bacias. Dessa forma, ao se discutir os valores dos parâmetros de qualidade nos canais fluviais, comparam-se superfícies de geração de poluição semelhantes em termos de área. A área de drenagem até o ponto 1, no córrego Mandacarú, é de 10,35 km², enquanto que a área de drenagem até o ponto 2, no córrego Romeira, é de 8,41 km².

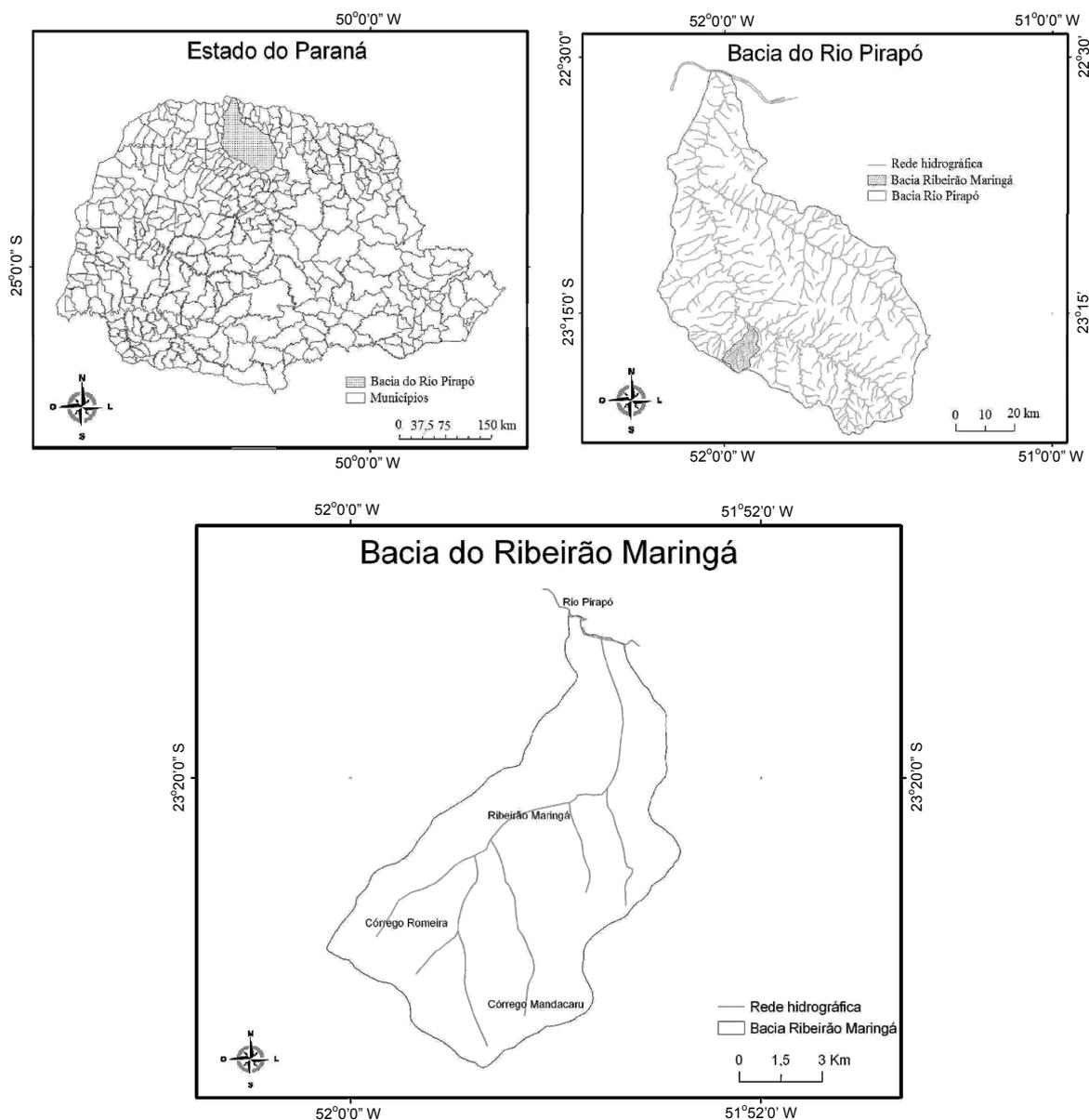


Figura 1. Localização do município de Maringá, Estado do Paraná.

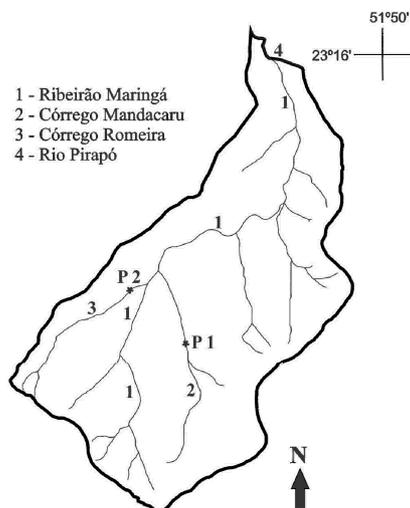


Figura 2. Bacia hidrográfica do ribeirão Maringá e pontos de coleta P1 e P2.



Figura 3. Área aproximada de estudo, córregos Mandacaru e Romeira.

Fonte: Google Earth (2009); altitude do ponto de visão: 15 km.

Muitas visitas de campo foram realizadas, além daquelas para a coleta das amostras de água para determinação dos parâmetros de qualidade. Essas visitas trouxeram grande conhecimento de toda a área de vertente e dos canais de ambas as sub-bacias.

No caso da sub-bacia do córrego Mandacaru, observou-se que a presença da urbanização gerou, e ainda gera, problemas que dificilmente poderão ser solucionados. Um exemplo claro diz respeito à remoção e ao transporte de grandes massas de solo, tanto da nascente e das vertentes, quanto das margens e do fundo do canal. O canal desse córrego apresenta seu leito escavado e margens desestabilizadas.

O aglomerado urbano apresenta infraestruturas, como pavimentações, construções, pontes etc., que reduzem bastante a infiltração da água das chuvas no

solo. As águas que não infiltram, escoam. Uma vez que as ruas apresentam pouca ou nenhuma barreira ao escoamento, as águas tendem a se concentrar rapidamente e seguem para os sistemas de drenagem, que levam as águas para os locais mais baixos da vertente, os córregos. Como estes apresentam capacidade de drenagem natural pequena, sofrem alterações pela força da água que chega ao canal. O grande volume e as altas velocidades geram situação fortemente modificadora, desestabilizando o canal.

Dessa forma, as forças hídricas geradas pelo intenso fluxo de água nos eventos de precipitação ocasionaram o rebaixamento do nível de fundo do canal e, em consequência, o lençol freático ficou exposto ou aflorado.

A problemática causada pelo afloramento do lençol freático está no fato de que, exposto às áreas livres, o fluxo de água é maior, ou seja, a água encontra menor resistência para sair do solo. Assim, os fluxos de base acabam sendo modificados durante os períodos de estiagem. Como a água apresenta menor resistência, de início ela verte com maior fluxo, reduzindo a quantidade de água armazenada no solo e, com o tempo, poderá não haver mais água provinda do lençol freático ou as quantidades serão ínfimas.

Aliado a isso, pela urbanização, a sub-bacia do córrego Mandacaru apresenta baixas taxas de infiltração durante as precipitações. Assim, com as modificações da vertente e do canal fluvial espera-se, com o tempo, que os níveis de vazões de pico aumentem e as vazões de base diminuam, ou seja, em períodos de chuvas, as vazões se tornem maiores, enquanto que, em períodos de estiagem, as vazões encontradas sejam cada vez menores, expondo alteração do ciclo hidrológico da sub-bacia, causada pelos efeitos antrópicos.

Como em alguns trechos do canal se observa a perda de massa, acredita-se que, em outro trecho do rio, esta massa esteja depositada. Por essa razão, é muito comum, em trechos meandantes, observar que em uma margem há perda de massa e, na outra, depósito. Mas isso não ocorre somente nos meandros, em trechos retilíneos se observam áreas com forte desgaste da margem e do leito do rio e, em outros trechos, grandes depósitos.

Em busca de soluções a respeito das altas taxas e velocidades nos canais urbanos, Kobiyama et al. (2007), seguindo o pensamento de “slow is beautiful”, destacaram a necessidade de se aumentar a rugosidade no curso da água e retardar (armazenar) a água na drenagem urbana. O aumento da rugosidade pode ser realizado de duas maneiras: aumentar-se o coeficiente de rugosidade pela

inserção de obstáculo na superfície, criando atrito maior contra o fluxo; e evitar-se a retificação do curso de água (por exemplo, não fazer o canal artificial retificado nos rios com meandros).

Em condições naturais a bacia, normalmente, possui o coeficiente de rugosidade mais alto e o canal mais sinuoso. Tendo sua capacidade de armazenamento elevada, a bacia natural deixa o fluxo mais lento. Assim, a dinâmica da água torna-se lenta no ciclo hidrológico. Com o intuito de “resolver” problemas causados pelo excesso da água pluvial na área urbana, a drenagem clássica e usual, que faz parte da urbanização, tem reduzida a rugosidade e a sinuosidade dos canais, aumentando, conseqüentemente, a velocidade do fluxo.

Kobiyama et al. (2007) sugerem inversão dessa lógica, cunhando o termo armazenamento urbano em contraposição à drenagem urbana. Com o uso de sistema de armazenamento, enfatiza-se a busca de velocidade mais lenta no ciclo hidrológico na área urbana.

Durante o período de estudo, informações relevantes foram obtidas na sub-bacia do córrego Mandacaru, no que diz respeito à falta de consciência da população em relação ao cuidado mínimo desejado, no que diz respeito à qualidade da água e ao fator visual.

Existem muitas redes clandestinas, provavelmente de esgoto, que seguem para o córrego, cuja água acaba por apresentar, em muitos trechos, mau cheiro e coloração acinzentada. Além dos efluentes líquidos, o córrego recebe cargas significativas de lixo de todo tipo, desde restos de construção, pneus, plásticos etc., até animais mortos.

Em relação à área da sub-bacia do córrego Romeira, verificou-se que esta é utilizada para a prática de culturas temporárias, o que é fator de risco para o canal fluvial, porém, pelo fato de apresentar terraceamento ou microbacias, as quais auxiliam na retenção das águas da chuva, esse manejo do solo ajuda a evitar que haja perda de solo da vertente e que este solo siga para o canal fluvial, quando de eventos pluviométricos.

O canal dessa sub-bacia apresenta poucas alterações, apresentando nível significativo de preservação. Os maiores problemas encontrados nesse canal se relacionam ao fato de que na área de nascente houve o desmatamento de uma pequena parte, o que colabora para a geração de processos erosivos, que, mesmo pequenos, podem alterar a qualidade do corpo hídrico.

Outro fator que se acredita ter sido responsável pelas alterações no ambiente da sub-bacia é a presença de estradas rurais. Como a vertente dessa sub-bacia apresenta declividades acentuadas, as

estradas rurais servem como canaletas de transporte de água e sedimento nos eventos de chuva. Juntamente com os sedimentos seguem possíveis contaminantes, como compostos fosfatados e nitrogenados de fertilizantes e de defensivos agrícolas; coliformes provindos de fezes de animais; restos de colheita, fontes de matéria orgânica e outros.

Os resultados das análises de determinação dos parâmetros de qualidade serão discutidos à luz da Resolução 357 do Conama, do ano de 2005 (BRASIL, 2005), cujo texto apresenta limites aos parâmetros, de acordo com o enquadramento do corpo hídrico.

As Figuras 4 à 8 apresentam as variações dos valores dos parâmetros de qualidade determinados, para ambos ambientes lóticos, córregos Mandacaru e Romeira.

O enquadramento dos rios do Paraná é estabelecido por Portaria da extinta Surhema, do ano de 1991. Esse documento estabelece que o córrego Romeira é enquadrado como classe 2 e o córrego Mandacaru, como classe 3. Portanto, as águas do córrego Mandacaru podem, em tese, apresentar qualidade inferior em relação às águas do córrego Romeira, pelo enquadramento.

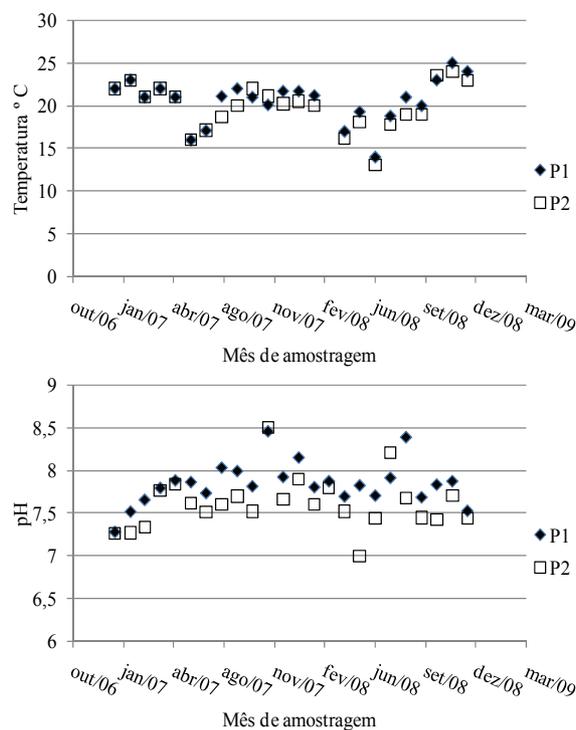


Figura 4. Variação da temperatura e do pH ao longo do período de estudo.

Em relação ao parâmetro temperatura (Figura 4), percebe-se que ambos os ambientes lóticos

apresentam valores bem próximos, apresentando o trecho representado pelo ponto 2, P2, em média, valores um pouco menores. Mesmo no córrego Mandacarú, trecho representado pelo ponto 1, que apresenta lançamentos de efluentes (esgoto clandestino), não se verificaram grandes variações nas temperaturas do curso d'água. De acordo com Lopes e Magalhães Júnior (2008), a ausência de fontes de poluição térmica garante que as variações na temperatura das águas dos corpos hídricos acompanhem o período climático predominante.

As variações apresentadas no parâmetro pH, também apresentadas na Figura 4, são perceptíveis em relação aos dois canais, P1 e P2. Em geral, o trecho representado pelo ponto 1 apresentou valores um pouco acima dos valores verificados no trecho representado pelo ponto 2. Acredita-se que essa diferença seja pronunciada pela ocorrência de lançamentos indevidos de esgotos no córrego, provindos da cidade.

O valor da concentração de oxigênio dissolvido, OD, é muito importante para um ambiente lótico, uma vez que esse parâmetro é imprescindível para a manutenção da vida aquática. Os fatores que podem reduzir a concentração de OD dizem respeito à presença de matéria orgânica e nutrientes, principalmente nitrogênio amoniacal, uma vez que os organismos aeróbios presentes degradam esses compostos, consumindo oxigênio presente no meio.

Sabe-se que, quanto maior o valor da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do corpo hídrico, maior será o consumo de oxigênio para eliminação da matéria orgânica biodegradável, levando à menor concentração de OD nesse corpo hídrico, reduzindo a sua disponibilidade para a fauna e flora presentes. Dessa forma, para um ambiente em equilíbrio espera-se que haja altos valores de OD e baixos valores de DBO.

De acordo com a Resolução 357 do Conama (BRASIL, 2005), os valores mínimos permitidos de OD, para ambientes de classe 2 e 3, são 5 e 4 mg L⁻¹, respectivamente. Para a DBO, os limites máximos aceitáveis para as classes 2 e 3 são 5 e 10 mg L⁻¹, respectivamente.

Na Figura 5 é possível observar que, no período estudado, esses parâmetros encontraram-se dentro de limites aceitáveis, exceto para o mês de novembro de 2008, quando a concentração de OD ficou um pouco abaixo do limite estabelecido pela legislação.

Os valores da DBO apresentaram-se bem abaixo daquele estabelecido na legislação. Mesmo tendo sido observados lançamentos clandestinos de esgoto, verificou-se que estes não levaram a alterações nos

valores da DBO. Acredita-se que o ambiente apresente boa capacidade de autodepuração e que, na região a montante, próxima ao ponto de coleta das amostras, não tenha havido lançamento significativo de efluentes com altas concentrações de matéria orgânica.

Além disso, a própria dinâmica do canal, com turbilhonamento das águas em alguns trechos, ajuda na reoxigenação destas. A reoxigenação não é intensa, porém, ajuda a manter as concentrações de OD em níveis um pouco acima do mínimo aceitável.

Os nutrientes nitrogênio e fósforo são responsáveis pela alimentação de organismos que potencialmente podem promover a eutrofização de um meio aquático.

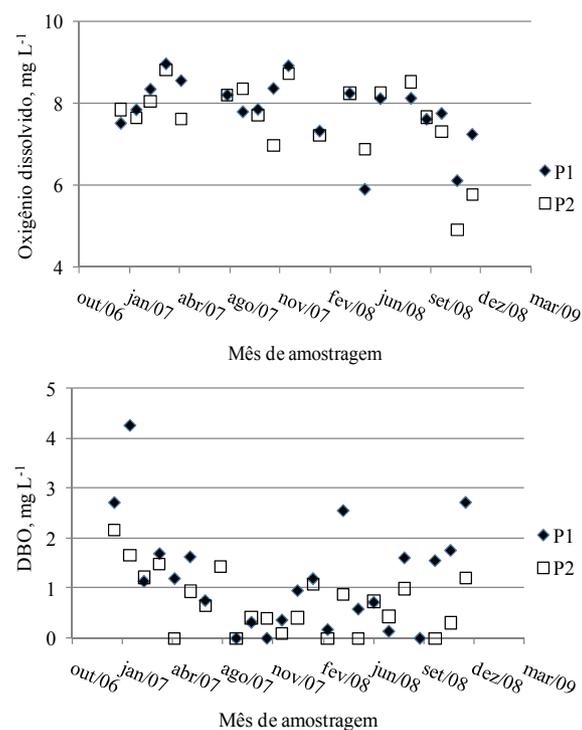


Figura 5. Variação da concentração do oxigênio dissolvido e DBO.

Em termos da Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005), a concentração máxima estabelecida para o fósforo total é de 0,1 mg L⁻¹. Para o nitrogênio, essa varia muito, e a legislação estabelece valores em termos de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal total.

Como o nitrogênio total é obtido pela soma do nitrato, nitrito e nitrogênio kjeldhal, e estes dois últimos, em geral, apresentam valores muito baixos, a maior parte do nitrogênio determinado no presente trabalho, cujos valores estão apresentados na Figura 6, está em forma de nitrato. Assim, pode-se afirmar que as concentrações de nitrogênio parecem não apresentar valores fora da legislação (o

limite do nitrato é de 10 mg L⁻¹), porém estão presentes em quantidade importantes em ambos os ambientes. O nitrito é uma forma instável, e, em geral, apresenta valores baixos. O nitrogênio amoniacal total não foi determinado no período de estudo.

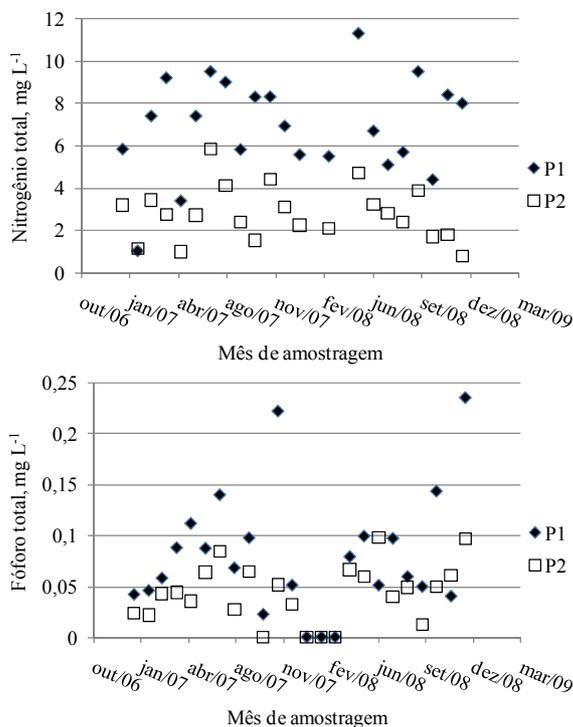


Figura 6. Variação da concentração do nitrogênio total e do fósforo total.

Percebe-se que, em algumas amostras, a concentração de fósforo total ultrapassou o valor limite estipulado pela legislação para o trecho representado pelo ponto 1.

As concentrações de sólidos dissolvidos e a turbidez apresentaram valores abaixo do estabelecido pela resolução. O máximo permitido para os sólidos é de 500 mg L⁻¹ e de 100 NTU para a turbidez.

Analisando-se os dados obtidos para a turbidez, na Figura 7, observa-se que, no ponto 2, maiores valores foram encontrados, porém, em termos de sólidos dissolvidos os valores se invertem, apresentando o córrego Mandacaru valores bem maiores do que os valores determinados para o córrego Romeira.

Muito provavelmente, as altas quantidades de sólidos dissolvidos são geradas pela presença dos efluentes lançados no córrego Mandacaru, que vão se acumulando ao longo do canal, uma vez que não são degradados e nem decantam, aumentando, conseqüentemente, a concentração do material dissolvido. Os valores encontrados para os

parâmetros sólidos dissolvidos e turbidez são valores comumente encontrados para córregos (GERTEL et al., 2003; NASCIMENTO; NAIME, 2009a).

No presente trabalho foram feitas análises de coliformes totais, no entanto, a legislação apresenta padrões para coliformes termotolerantes, o que impede a comparação dos valores obtidos com aqueles estabelecidos na Legislação. Porém, os resultados apresentados na Figura 8 indicam que as quantidades de coliformes totais sempre foram muito elevadas, superiores a 4.600 unidades formadoras de colônias por 100 mL, para o córrego Mandacaru, e 600 unidades formadoras de colônias por 100 mL, para o córrego Romeira, o que pode ser indicativo de poluição por esgoto doméstico, ou por fezes de animais.

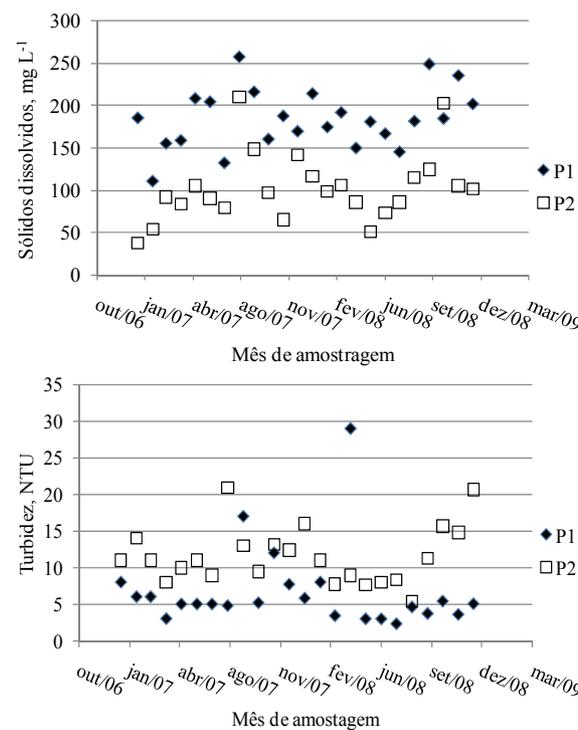


Figura 7. Variação da concentração dos sólidos suspensos e da turbidez.

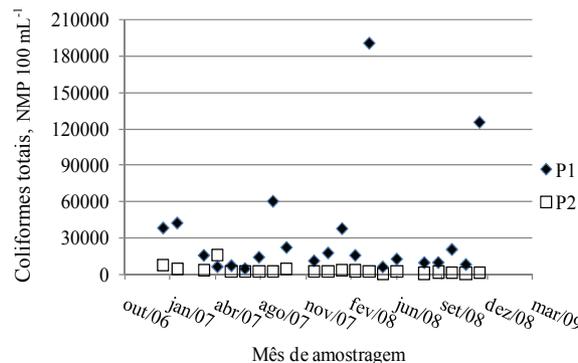


Figura 8. Variação da concentração de coliformes fecais.

Os coliformes totais não apresentam por si só capacidade de causar doenças. Esse parâmetro, ou ainda, coliformes termotolerantes ou *E. coli*, na verdade serve como meio de se indicar as potencialidades de uma provável doença de trânsito hídrico ser transmitida pelo ambiente lótico (LOPES; MAGALHÃES JUNIOR, 2008; NASCIMENTO; NAIME, 2009b).

Altas concentrações de coliformes foram observadas no trecho representado pelo ponto 1, P1. Porém, como inundações de áreas daquela sub-bacia não ocorrem, o risco de uma epidemia só será possível se a população entrar em contato com a água do canal. Ao que parece, essa situação não é muito comum, e raras vezes foram observados contatos primários da população com a água do canal.

Conclusão

O presente trabalho permitiu verificar que os canais dos córregos avaliados apresentam diferenças bastante pronunciadas no que tange ao aspecto físico.

Em relação à qualidade da água, alguns parâmetros mostraram-se diferentes nos ambientes lóticos. Esses resultados ressaltam a necessidade de implementação de medidas mitigadoras de poluição, principalmente no córrego urbano.

A maior dificuldade em relação às ações mitigadoras está justamente no fato de a redução dos efeitos de degradação só serem significativos se houver a retirada da cidade, o que é impossível. Outras medidas apenas reduziriam as cargas de esgoto e lixo, porém, dificilmente as perdas de massa cessariam.

Uma possibilidade é a de fazer o armazenamento urbano, reduzindo-se os picos de cheia, diminuindo os processos erosivos e, em contrapartida, aumentando-se a área de infiltração, auxiliando no processo de recarga do lençol freático.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq/CTHidro, pelo apoio financeiro.

Referências

- ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUZA FILHO, E. E.; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.
- APHA-American Public Health Association. **Standart Methods for the Examination for Water and Wastewater (APHA)**. 14th ed. Washington D.C., 1995.

BECHINI, L.; CASTOLDI, N. On-farm monitoring of economic and environmental performances of cropping systems: Results of a 2-year study at the field scale in northern Italy. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 6, p. 1096-1113, 2009.

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conama-Conselho Nacional do Meio Ambiente** Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

CHEN, D. J.; LU, J.; SHEN, Y. N.; DAHLGREN, R. A.; JIN, S. Q. Estimation of critical nutrient amounts based on input-output analysis in an agriculture watershed of eastern China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 134, n. 3, p. 159-167, 2009.

GERTEL, P.; TAU-K-TORNISIELO, S. M.; MALAGUTTI, E. N. Qualidade das águas dos córregos São Joaquim e ribeirão Claro, bacia do rio Corumbataí, SP, Brasil. **Holos Environment**, v. 3, n. 2, p. 103-119, 2003.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://www.softonic.com.br/s/google-earth-2009>>. Acesso em: jun. 2009.

JULIAN, J. P.; TORRES, R. Hydraulic erosion of cohesive riverbanks. **Geomorphology**, v. 76, n. 2, p. 193-206, 2006.

KOBIYAMA, M.; LOPES, N. H. Y.; SILVA, R. V. **Hidrologia urbana**. Florianópolis: Pandion, 2007.

LOPES, F. W. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do ribeirão Carrancas – MG. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 4, p. 111-120, 2008.

MADRID, F.; BIASIOLI, M.; AJMONE-MARSAN, F. Availability and Bioaccessibility of Metals in Fine Particles of Some Urban Soils. **Archives of Environmental Contaminant Toxicology**, v. 55, n. 1, p. 21-32, 2008.

MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 82, p. 175-184, 2009.

NASCIMENTO, C. A.; NAIME, R. Monitoramento físico-químico das águas do arroio Pampa em Novo Hamburgo (RS). **Estudos Tecnológicos**, v. 5, n. 2, p. 227-244, 2009a.

NASCIMENTO, C. A.; NAIME, R. Monitoramento de pH, temperatura, OD, DBO e condições microbiológicas das águas do arroio Pampa em Novo Hamburgo (RS). **Estudos Tecnológicos**, v. 5, n. 2, p. 227-244, 2009b.

OLLI, G.; DARRACQ, A.; DESTOUNI, G. Field study of phosphorous transport and retention in drainage reaches. **Journal of Hydrology**, v. 365, n. 1, p. 46-55, 2009.

POFF, N. L.; BLEDSOE, B. P.; CUHACIYAN, C. O. Hydrologic variation with land use across the contiguous

- United States: Geomorphic and ecological consequences for stream ecosystems. **Geomorphology**, v. 79, n. 2, p. 264-285, 2006.
- PRAT, N.; MUNNE, A. Water use and quality and stream flow in a Mediterranean stream. **Water Resources**, v. 34, n. 15, p. 3876-3881, 2000.
- SANTOS, I. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do Rio Tarumã e afluentes - AM. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 229-236, 2006.
- SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande: DEC/CCT/UFGP, 2001.
- SUTTON, A. J.; FISHER, T. R. Historical changes in water quality at german Branch in choptank river basin. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 199, n. 4, p. 353-369, 2009.
- TAEBI, A.; DROSTE, R. L. Pollution loads in urban runoff and sanitary wastewater. **Science of the Total Environment**, v. 327, n. 2, p. 175-184, 2004.
- VASILIEV, O. F.; BOLGOV, M. V. Hydrological Impact of Climate Changes. **Water Resources**, v. 35, n. 6, p. 733-735, 2008.
- XIAO-LONG, W.; YONG-LONG, L.; JING-YI, H.; GUI-ZHEN, H.; TIE-YU, W. Identification of anthropogenic influences on water quality of rivers in Taihu watershed. **Journal of Environmental Sciences**, v. 19, n. 4, p. 475-481, 2007.

Received on October 2, 2009.

Accepted on November 10, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.