

Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos

Eliane Cristina Alves^{1*}, César Flores da Silva¹, Eneida Sala Cossich¹, Célia Regina Granhen Tavares¹, Edvard Elias de Souza Filho² e Ademir Carniel³

¹Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. ³Departamento de Informática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: elianeca33@hotmail.com

RESUMO. Este trabalho teve como objetivo monitorar a qualidade da água da bacia do rio Pirapó, principal fonte de abastecimento do município de Maringá, Estado do Paraná, e região. Foram estabelecidos cinco pontos de amostragem localizados à jusante dos principais ribeirões e córregos da bacia. A coleta das amostras foi realizada de forma pontual no ponto central da seção do rio, mensalmente, no período de abril/2005 a abril/2006. A qualidade da água foi avaliada por indicadores estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/2005. Na avaliação dos parâmetros, foi possível indicar duas principais fontes poluidoras. A primeira é a exploração do solo, que se estende até às margens do rio, desprovida de mata ciliar, que ocasiona o transporte, principalmente, em períodos chuvosos, de sedimentos e nutrientes ao corpo d'água. A segunda é o lançamento clandestino de esgoto doméstico, apontado como o responsável pelos elevados índices de matéria orgânica e coliforme encontrados no corpo receptor.

Palavras-chave: qualidade da água, parâmetros físico-químicos e biológicos de água, rio Pirapó - Maringá - Estado do Paraná.

ABSTRACT. *Water quality evaluation of the Pirapó river basin – Maringá, Paraná State, through physical, chemical and microbiologic parameters.* This work had as objective to monitor water quality in the Pirapó River basin, which is the main supply source to the city of Maringá, Paraná State, and adjacent regions. Five sampling spots were established downstream from the main creeks and streams of the basin. Sample collection was carried out periodically at the central point of the river section, collected monthly, during the period from April/2005 to April/2006. Water quality was evaluated using indicators established by Conama Resolution no. 357/2005. During an evaluation of the parameters, it was possible to indicate that there are two main polluting sources. The first is soil exploitation extending until the river's edges, which has no gallery forests, leading to sediments and nutrients fallout into the water body, mainly during the rainy periods. The second source is the dumping of domestic sewage, pointed as responsible for the elevated levels of organic matter and coliforms.

Key words: water quality, physical-chemical and biological water parameters, Pirapó river – Maringá - Paraná State.

Introdução

A água é o elemento fundamental da vida. Seus múltiplos usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas, em que se destacam, entre outros, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação. A água representa, sobretudo, o principal constituinte de todos os organismos vivos.

A crescente expansão demográfica e industrial,

observada nas últimas décadas, trouxe como consequência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios. A falta de recursos financeiros, nos países em desenvolvimento, tem agravado esse problema pela impossibilidade da aplicação de medidas corretivas para reverter a situação.

A interferência do homem quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas

no solo, contribui para a introdução de compostos tanto orgânicos como inorgânicos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem.

Pode-se destacar, ainda, que a disponibilidade de água doce na natureza é limitada pelo alto custo da sua obtenção nas formas menos convencionais, como é o caso da água do mar e das águas subterrâneas. Deve-se, portanto, dar prioridade à preservação, ao controle e à utilização racional das águas doces superficiais em todo o planeta.

A boa gestão da água deve ser objeto de um plano que contemple os múltiplos usos desse recurso, desenvolvendo e aperfeiçoando as técnicas de utilização, tratamento e recuperação dos mananciais.

O monitoramento ambiental é um instrumento de controle e avaliação, desde que realizado de forma sistemática. Serve para conhecer o estado e as tendências qualitativas e quantitativas dos recursos naturais e as influências exercidas pelas atividades humanas e por fatores naturais sobre o ambiente. Desta forma, subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, bem como auxilia na definição das políticas ambientais (Emcon Ambiental, 2005).

No Brasil, os padrões de qualidade para os corpos de água são fixados pela Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 2005), de 17/03/2005, que dispõe sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamentos de efluentes.

O Estado do Paraná, apesar de ser um dos menores Estados em extensão territorial do Brasil, apresenta uma rede hidrográfica considerável. Suas principais bacias estão separadas pela Serra do Mar; a Leste situa-se a Bacia Atlântica ou Litorânea, e a Oeste a bacia do alto rio Paraná, a qual abrange microbacias de suma importância, tanto do ponto de vista econômico como social. A bacia hidrográfica do rio Pirapó é uma delas. Este rio é responsável pelo abastecimento de água para os municípios de Apucarana e Maringá, importantes pólos industriais, situados na região norte e noroeste do Estado (Lopes, 2001).

Estudos realizados por Oliveira (2004) e Peruço (2004), em alguns afluentes do rio Pirapó, relataram a presença de fundos de vales (sem qualquer mata para protegê-los), invasões com casas precárias, associações recreativas, chácaras e outras edificações bem próximas ao curso de água. Observaram também intenso desmatamento das margens destes afluentes, bem como a presença de entulhos e lixo

jogados por todos os lados, fatores que comprometem a qualidade da água.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Pirapó por meio de medições de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, identificando assim as principais fontes poluidoras que vêm, de forma significativa, contribuindo para a degradação deste manancial.

Material e métodos

A avaliação da qualidade da água do rio Pirapó foi realizada por meio de determinações de parâmetros físicos, químicos e biológicos. A coleta das amostras foi realizada de forma pontual no ponto central da seção do rio, mensalmente, no período de abril/2005 a abril/2006. Porém, houve a necessidade de adaptações para a determinação de alguns parâmetros, como também a implantação de novas análises durante a pesquisa. Portanto, para estes parâmetros não há resultados desde abril/2005.

O recipiente utilizado para a coleta das amostras era amarrado com uma corda e lançado manualmente ao rio de uma ponte. Em campo, foram obtidos os dados de pH, temperatura e oxigênio dissolvido; para as demais análises laboratoriais, as mesmas foram preparadas de acordo com o procedimento de cada análise, acidificando-as com H_2SO_4 ou HNO_3 e até mesmo filtrando-as quando necessário. As amostras foram transportadas em garrafas de Polietileno Tereftalato (PET) e de vidro mantidas refrigeradas até o momento da análise.

Para os parâmetros biológicos, as amostras foram coletadas próximas às margens do rio em frascos Schott previamente esterilizados. A contagem de *Escherichia coli* (*E. Coli*) foi realizada em placa de Petrifilm (EC), segundo método do Comitê Nórdico de Análises de Alimentos (NMKL) (146.1993) a temperatura de 37°C com período de incubação de 48 +/- 2h.

A parte experimental foi realizada no Laboratório de Controle e Preservação Ambiental do Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá. Todos parâmetros foram determinados, seguindo os procedimentos descritos no APHA (1998), e os dados obtidos de cada parâmetro foram avaliados por indicadores estabelecidos na Resolução Conama nº 357, de 17/03/2005, para corpos de água doce de Classe II.

A análise de Kruskal-Wallis (H) foi realizada para verificar diferença significativa entre os pontos amostrados para cada parâmetro físico-químico e biológico analisado; para as comparações múltiplas,

foi realizado o teste de Mann Whitney. A análise de correlação Spearman (ρ) foi utilizada para determinar associações positivas ou negativas, entre os parâmetros físico-químicos e biológicos analisados. Em todas as análises estatísticas, foram fixados níveis de significância de 5% (Conover, 1980).

Os dados pluviométricos coletados 24 horas que antecederam as coletas foram fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Maringá (UEM).

Localização dos pontos de amostragem

Pesquisas realizadas, anteriormente, indicaram que apesar da cidade de Maringá contribuir significativamente com a degradação da qualidade da água do rio Pirapó, a poluição inicia-se antes mesmo do rio chegar à cidade (Oliveira, 2004; Peruço, 2004).

Com base neste diagnóstico, definiu-se, como área de estudo, um trecho da bacia do rio Pirapó de forma a avaliar a qualidade da água dentro e fora dos limites da cidade de Maringá. Os cinco pontos de amostragem foram estabelecidos à jusante dos principais ribeirões e córregos da bacia. Os pontos 01 e 02 estavam situados fora dos limites da cidade de Maringá, enquanto que os pontos 03, 04 e 05 situavam dentro do município. A Tabela 1 indica a localização destes pontos.

Tabela 1. Localização dos pontos de amostragem.

Ponto	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	23°24'01,4"	51°38'26,4"	464
2	23°21'56,6"	51°42'30,0"	426
3	23°18'44,3"	51°50'52,3"	390
4	23°18'18,7"	51°53'36,0"	395
5	23°17'12,6"	51°55'26,3"	389

Todos pontos amostrados têm como principais atividades a agricultura e a pecuária, com o cultivo de áreas bem próximas às margens do rio; além disso, o ponto P-01, localizado no município de Mandaguari, destaca-se por apresentar casas bem próximas às margens do rio e acesso direto de gado ao corpo d'água. O P-02, localizado no município de Astorga, destaca-se por apresentar em suas proximidades solos bastante descobertos demonstrando, assim, intensa atividade agrícola. O ponto P-03 destaca-se por estar localizado à montante da estação de captação de água; o ponto P-04 por apresentar à jusante fábrica de gelatina e fertilizante e o ponto P-05 com área agricultável da Cocamar bem próximo à zona urbana, apresenta à montante a estação de tratamento de esgoto da cidade.

Resultados e discussão

A qualidade da água do rio Pirapó foi avaliada por

meio da determinação dos seguintes parâmetros físicos, químicos e microbiológicos: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, cor verdadeira e aparente, turbidez, sólidos, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo e fosfato total, sulfeto, demanda bioquímica de oxigênio, metais pesados e coliformes fecais.

Já a fim de verificar diferenças significativas entre os pontos de amostragem, foi usada a análise de Kruskal-Wallis (H), para as comparações múltiplas o teste de Mann Whitney e de correlação a análise de Spearman (ρ).

Temperatura

A Figura 1a apresenta a variação da temperatura da água do rio Pirapó durante o período amostrado. Pode-se verificar que a temperatura variou de 16,6 a 28,8°C, referentes aos meses de julho e janeiro, respectivamente. Estas oscilações referem-se a variações sazonais, uma vez que estes meses correspondem aos meses mais frio e quente do ano.

Potencial hidrogeniônico (pH)

A variação de pH depende das relações entre matéria orgânica, seres vivos, rocha, ar e água. A acidez da água pode estar associada também com a decomposição da matéria orgânica presente no curso d'água (O'Neill, 1995).

A Figura 1b indica os valores de pH da água do rio Pirapó nos pontos de amostragem. Pode-se verificar que o pH variou de 7,2 a 8,4, encontrando-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/2005 para corpos de água doce de Classe II (6,0 a 9,0).

Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da concentração do mesmo no meio. O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (Von Sperling, 1996).

A concentração OD variou de 4,05 a 9,6 mg L⁻¹ de O₂ (Figura 1c). De maneira geral, estes valores encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/2005 para corpos de água doce de Classe II (não inferior a 5 mg L⁻¹ de O₂), exceto para o ponto 05, que no mês de agosto apresentou valor inferior a este limite.

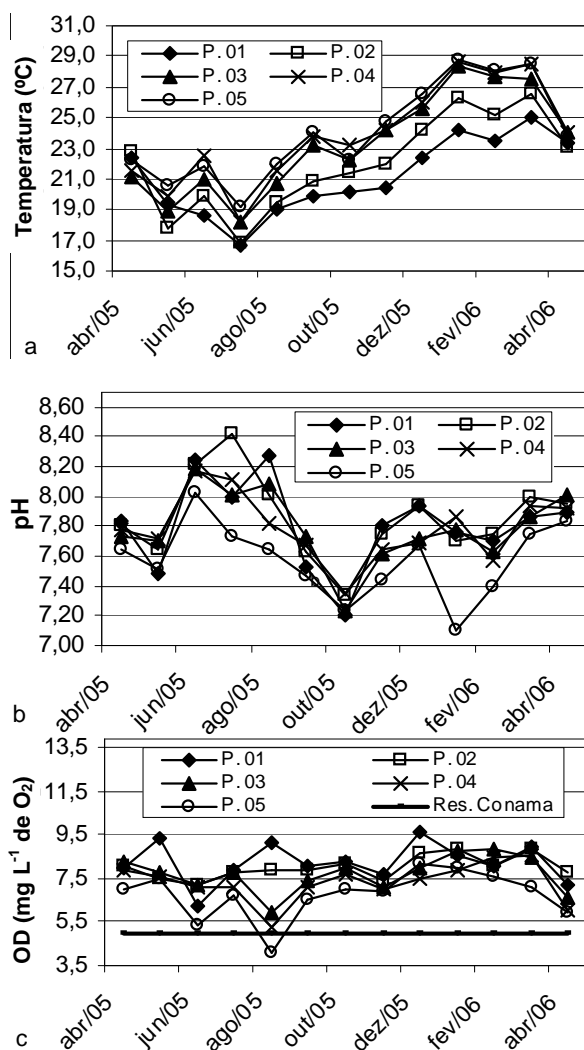


Figura 1. Variação da temperatura (a); pH (b); e oxigênio dissolvido (c).

A análise estatística de Kruskal-Wallis indicou que os teores de OD, nos pontos avaliados, diferem significativamente ($H = 21,108$; $p = 0,00$), em que o teste Mann Whitney apontou que a concentração de OD de P-04 difere de P-01 e P-02, e P-05 difere de P-01, P-02 e P-03, porém não há diferença significativa entre os pontos P-04 e P-05. Pode-se constatar ainda que as amostras coletadas nos pontos P-04 e P-05 apresentaram as menores concentrações de OD. Estes pontos estão localizados dentro do município de Maringá, bem próximos à zona urbana; para Von Sperling (1996) valores de OD inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica provavelmente proveniente de esgoto.

A análise de correlação apresentada, na Tabela 2, apontou que P-02 e P-04 apresentaram alta correlação significativa negativa de OD com Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), e baixa correlação em P-

01 e P-03, indicando assim que SSV influenciou na variação da concentração de OD em P-01, P-02, P-03 e P-04, isto é, quando aumentava a concentração de SSV diminuía os teores de OD nestes pontos. Vale ressaltar que a matéria orgânica, em suspensão, não apenas indica a contaminação orgânica recente de efluentes domésticos ou industriais, mas também o excesso de matéria sólida transportada aos rios por movimentação de terra na bacia causada pela erosão, em consequência da perda da mata ciliar (Paiva e Paiva, 2001).

Tabela 2. Análise de correlação de Spearman entre OD e SSV.

	Oxigênio Dissolvido				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
SSV	-0,24	-0,68	-0,52	-0,61	0,10

Os valores em negrito são estatisticamente significativos em $p < 0,05$.

Cor, turbidez, sólidos e precipitação pluviométrica

- Cor

Normalmente, a cor na água é devida à presença de ácidos húmicos e tanino, originado de decomposição de vegetais, bem como também de origem antropogênica, provenientes de resíduos industriais.

A concentração de cor verdadeira nos pontos estudados, variou de 32 a 432 mg Pt L⁻¹ (Figura 2a), e a de cor aparente de 54 a 2295 mg Pt L⁻¹ (Figura 2b). Verificou-se que a concentração de cor verdadeira para os meses de setembro, dezembro, fevereiro, março e abril estiveram acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama n° 357/2005 para corpos de água doce de Classe II (75 mg Pt L⁻¹).

A análise estatística não apontou diferença significativa de cor verdadeira entre os pontos amostrados ($H = 1,938$; $p = 0,7472$), o mesmo acontecendo com a cor aparente ($H = 0,5314$; $p = 0,9704$).

- Turbidez

A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar a comunidade biológica aquática. Além disso, afeta adversamente o uso doméstico, industrial e recreacional dos corpos d'água (Cetesb, 2006).

A concentração de turbidez, nos pontos estudados, variou de 10 a 180 NTU (Figura 2c), no período amostrado, destaca-se o mês de dezembro cuja concentração de turbidez esteve acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama n° 357/2005 para corpos de água doce de Classe II (100 UNT).

A análise estatística não apontou diferença

significativa de turbidez entre os pontos de amostragem ($H = 0,450$; $p = 0,9782$).

concentração de STD, e verificou-se que P-05 apenas difere de P-04.

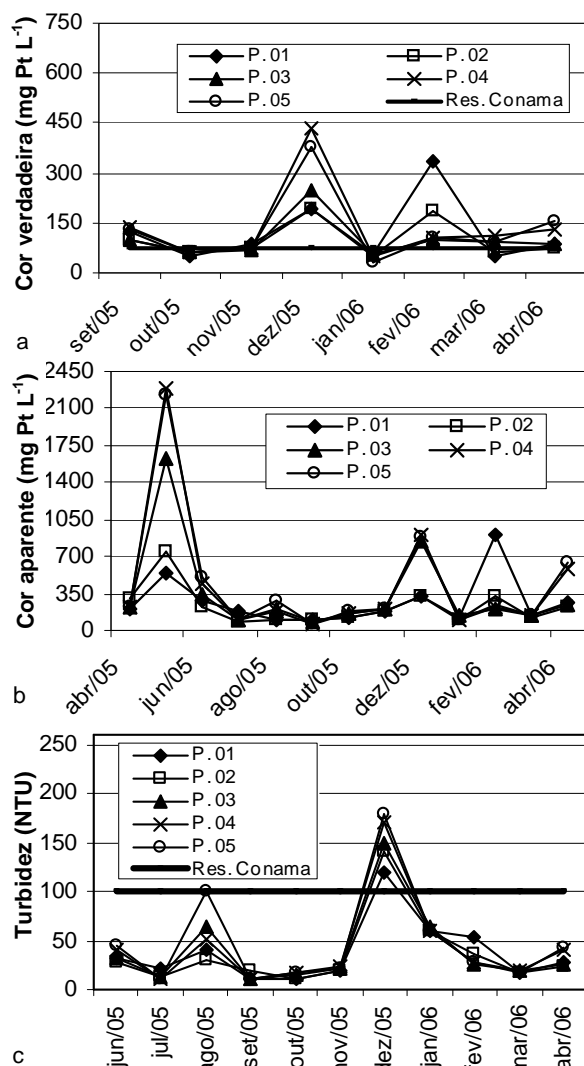


Figura 2. Variação da Concentração de Cor Verdadeira (a); Cor Aparente (b); e de Turbidez (c).

- Sólidos

A Figura 3 ilustra as variações das concentrações de sólidos. A concentração de Sólidos Totais (ST) variou de 94 a 588 mg L⁻¹; as de Sólidos Suspensos Totais (SST) variou de 4 a 82 mg L⁻¹; as de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) variou de 3 a 73 mg L⁻¹; e as de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) variou de 67 a 506 mg L⁻¹.

A análise estatística indicou que os teores de SST ($H = 7,939$; $p = 0,044$) e de STD ($H = 5,952$; $p = 0,043$) diferem significativamente entre os pontos amostrados, apontando que a concentração de SST em P-05 difere de todos os outros pontos de amostragem, ou seja, ele apresentou a maior concentração, em relação à

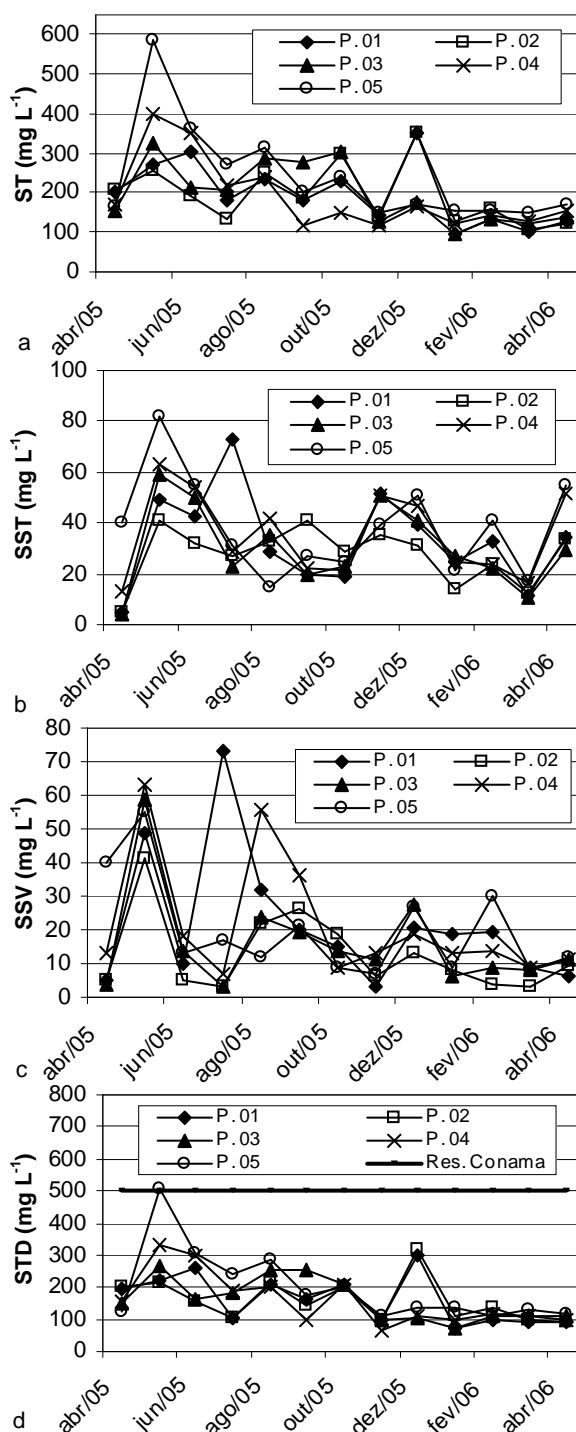


Figura 3. Variações das concentrações de Sólidos Totais – ST (a); Sólidos Suspensos Totais – SST (b); Sólidos Suspensos Voláteis – SSV (c); e Sólidos Dissolvidos Totais – STD (d).

De acordo com a análise de correlação apresentada na Tabela 3, a cor aparente apresentou correlação significativa com a concentração de SST

em P-01 e P-05, ou seja, a concentração de SST contribui para o aumento das concentrações de cor aparente e turbidez. As alterações de cor e de turbidez de um corpo d'água têm como origem resíduos industriais e despejos domésticos. Como para o ponto P-02 não houve correlação entre os teores de SST com as concentrações de cor e turbidez, outros fatores devem ter contribuído para as variações destes parâmetros neste ponto, observadas durante o período amostrado.

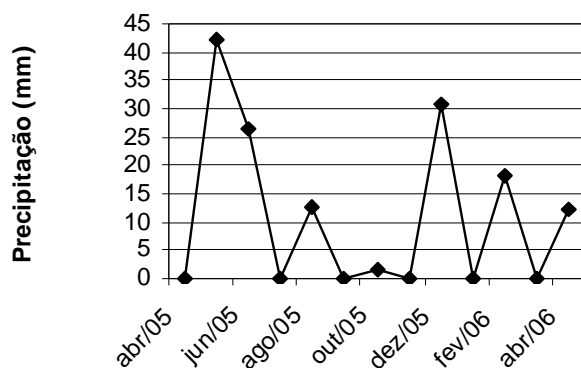
Tabela 3. Análise de correlação Spearman entre SST - cor aparente e SST - turbidez.

	Sólidos Suspensos Totais				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Cor Aparente	0,81	-0,02	0,60	0,60	0,81
Turbidez	0,50	-0,02	0,60	0,64	0,50

Os valores em negrito são estatisticamente significativos em $p < 0,05$.

- Precipitação pluviométrica

A Figura 4 ilustra a variação da Precipitação Pluviométrica ocorrida 24 horas que antecederam a coleta das amostras de água.



Fonte: Estação Climatológica Principal de Maringá (UEM).

Figura 4. Precipitação pluviométrica.

A análise de correlação apresentada na Tabela 4 indicou que a precipitação pluviométrica apresentou associação com a concentração de SST em P-01 e P-05, isto ocorreu, provavelmente, devido a estes pontos estarem mais suscetíveis ao carreamento do solo e ao transporte de sedimentos na bacia, por causa da falta de matas ciliares. A precipitação pluviométrica também apresentou correlação com a concentração de cor aparente em todos os pontos de amostragem, ou seja, em períodos chuvosos aumentou a concentração de SST, turbidez, cor aparente e cor verdadeira, já que a precipitação ao contrário de diluir a concentração de resíduos, aumenta o escoamento superficial do solo, atuando como fator de alteração da qualidade da água (Santos, 1993 *apud* Carvalho et al., 2000).

Tabela 4. Análise de correlação de Spearman entre a precipitação pluviométrica e SST, turbidez, cor aparente e verdadeira.

	Precipitação Pluviométrica				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
SST	0,74	0,00	0,28	0,30	0,74
Turbidez	0,58	0,49	0,52	0,52	0,58
Cor Aparente	0,85	0,84	0,85	0,85	0,85
Cor Verdadeira	0,61	0,66	0,46	0,41	0,61

Os valores em negrito são estatisticamente significativos em $p < 0,05$.

Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal está presente na água na forma de amônia livre (NH_3) e do cátion amônio (NH_4^+) sendo, portanto, sua concentração função da soma desses dois compostos (Esteves, 1998). O nitrogênio amoniacal é a forma reduzida do nitrogênio indicando poluição recente no corpo d'água (Von Sperling, 1996).

A Figura 5a ilustra a variação da concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do período de amostragem, e esta variou de ND a $0,239 \text{ mg L}^{-1}$ de N, mantendo sempre abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama n° 357/2005 para corpos de água doce de Classe II para valores de pH entre 7,5 a 8,0 ($2,0 \text{ mg L}^{-1}$).

A análise estatística indicou que a concentração de nitrogênio amoniacal ($H = 42,141$; $p = 0,00$) diferem significativamente entre os pontos amostrados, apontando que P-03 e P-04 diferem de P-01 e P-02, e P-05 difere de todos os demais pontos, ou seja, ele apresentou concentração de nitrogênio amoniacal superior durante todo o período de amostragem. Vale ressaltar que este ponto situa-se à jusante do ponto de lançamento de uma das estações de tratamento de esgoto do município de Maringá. Esta estação utiliza o processo de digestão anaeróbia, sendo a amônia um dos produtos de degradação da matéria orgânica.

Nitrato

O nitrogênio, na forma de nitrato, apresenta-se na sua forma oxidada indicando descarga de esgoto distante no corpo d'água. Outras fontes importantes de nitrato são os fertilizantes, e estes, se inadequadamente, aplicados, podem atingir os cursos d'água, principalmente nos meses mais chuvosos (Esteves, 1998).

De acordo com os dados apresentados na Figura 5b, observou-se que, nos meses de maio e junho as concentrações de nitrato foram superiores ao limite estabelecido pela Resolução Conama n° 357/2005 para corpos de água doce de Classe II ($10,0 \text{ mg L}^{-1}$ de N) em praticamente todos os pontos de amostragem. Alta concentração de nitrato pode ser devida ao lançamento de esgoto doméstico clandestino no curso d'água.

A análise estatística não apontou diferença significativa entre os pontos de amostragem ($H = 1,269$; $p = 0,867$).

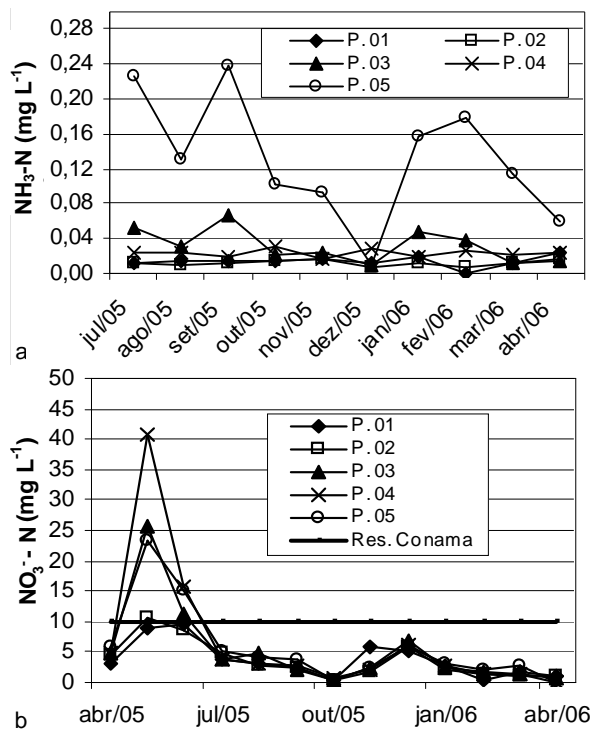


Figura 5. Variação da concentração de nitrogênio amoniacal (a); e de nitrato (b).

Fósforo reativo solúvel e fósforo total

O fósforo aparece em águas por causa das descargas de esgotos, particularmente detergentes, efluentes industriais e fertilizantes.

A concentração de fósforo total variou de 0,033 a 0,494 mg L⁻¹ de P, apresentando-se na maioria dos meses de estudo, concentração de fósforo total acima do limite estabelecido pela Resolução Conama n° 357/2005 para um corpo de água doce de Classe II (0,1 mg L⁻¹ de P). Observa-se, ainda, que o fósforo total apresentou o mesmo perfil do nitrato, reforçando a tese de incidência de produtos químicos à base destes compostos na água, em consequência da ocupação agrícola (Figura 6a).

Neste mesmo período, foi detectado no Laboratório de Fitoplâncton do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, abundância do fitoplâncton *Navicula viridula* (kutz), associado à alta concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, em todos os pontos de amostragem.

A concentração de fosfato reativo solúvel variou de 1,10 a 45,20 mg L⁻¹ de P, apresentando concentrações elevadas no mês de maio (Figura 6b).

A análise estatística não apontou diferença significativa de fósforo total e fosfato solúvel entre os pontos de amostragem ($H = 8,127$; $p = 0,0870$).

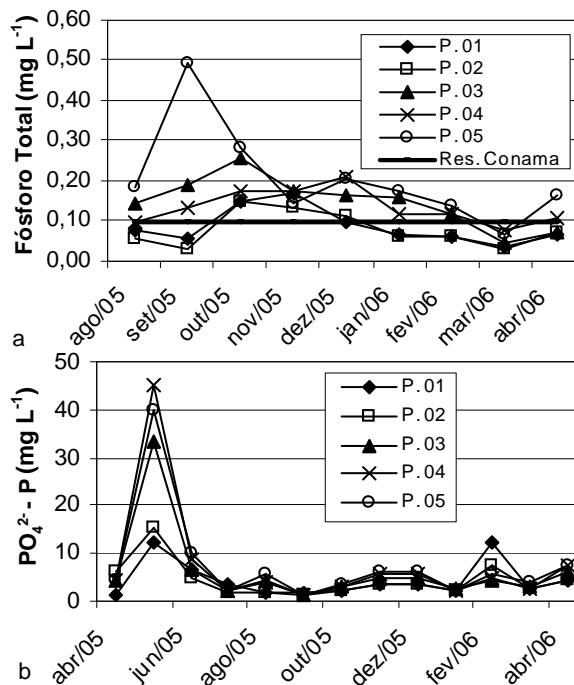


Figura 6. Variação da concentração de fósforo total (a); e de fosfato solúvel (b).

Sulfeto total

A concentração de sulfeto apresentada na Figura 7a variou de 0,011 a 0,262 mg L⁻¹ de S durante o período amostrado, apresentando-se sempre acima do limite estabelecido pela Resolução Conama n° 357/2005 para um corpo de água doce de Classe II para H₂S não dissociado (0,002 mg L⁻¹ de S).

O sulfeto aparece, nas águas naturais, por causa da contaminação destas com resíduos industriais, ou com esgoto sanitário (Biosystems, 1995). Sendo, portanto, a possível fonte de contaminação no trecho monitorado.

A análise estatística indicou que a concentração de sulfeto ($H = 98,230$; $p = 0,005$) diferem significativamente entre os pontos amostrados, apontando que a concentração de sulfeto no ponto P-05 difere de P-01 e P-02, mas não difere de P-03 e P-04. As diferenças significativas entre os pontos amostrados podem estar relacionadas com as atividades próximas aos mesmos, já que P-01 e P-02 localizam-se em áreas exclusivamente agrícolas, enquanto P-03, P-04 e P-05 situam-se em área urbana.

O estudo de correlação indicou que os teores de sulfeto apresentaram alta associação significativa com SST em P-01 e P-05 e baixa em P-02, P-03 e P-04, e

alta correlação em todos os pontos com a precipitação pluviométrica (Tabela 5). O sulfeto é muito solúvel na água e em águas límpidas aparece como mistura de H_2S e HS (Biosystems, 1995).

Tabela 5. Análise de correlação de Spearman entre sulfeto e SST e precipitação pluviométrica.

	Sulfeto				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
SST	0,80	0,38	0,23	0,51	0,95
Precipitação	0,73	0,79	0,92	0,87	0,82

Os valores em negrito são estatisticamente significativos em $p < 0,05$.

Demanda bioquímica de oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) retrata de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo de oxigênio dissolvido. A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (Von Sperling, 1996).

A concentração de DBO_5 apresentada na Figura 7b variou de 2,0 a 9,21 $mg L^{-1}$ de O_2 , apresentando durante o período amostrado concentrações superiores ao limite estabelecido pela Resolução Conama n° 357/2005 para corpos de água doce de Classe II (até 5 $mg L^{-1}$ de O_2).

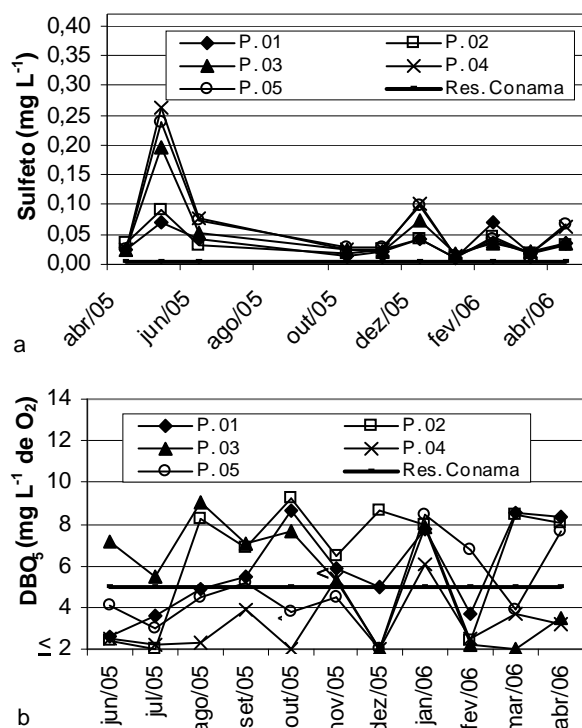


Figura 7. Variação da concentração de sulfeto (a); e de DBO_5 (b).

A análise estatística indicou que a concentração de DBO ($H = 15,513$; $p = 0,004$) diferem significativamente entre os pontos amostrados,

apontando que a concentração de DBO de P-01 difere de P-03, e que P-02 difere de P-04 e P-05. A análise estatística de DBO apresentou o mesmo resultado encontrado para o sulfeto, ou seja, não há diferenças significativas entre os pontos P-01 e P-02 e entre P-03, P-04 e P-05. No entanto, as maiores concentrações de DBO foram encontradas nos pontos situados fora do município de Maringá, ou seja, em áreas exclusivamente rurais. A contaminação destes pontos pode estar associada ao lançamento de esgoto doméstico clandestino, e aos excrementos de animais que têm acesso direto ao rio Pirapó. Estas informações foram obtidas nas entrevistas com os moradores da região durante as visitas de campo.

Metais pesados

Não foram detectadas concentrações significativas dos indicadores de poluição por substâncias tóxicas. Os metais avaliados foram: alumínio, zinco, cobre, níquel, manganês e ferro, no entanto, as concentrações de todos encontraram-se bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução Conama n° 357/2005 para um corpo de água doce de Classe II.

Dentre os metais avaliados, vale a pena destacar as concentrações de ferro e manganês, uma vez que os mesmos sofrem influência ou foram influenciados pela variação de outros parâmetros. A Figura 8 ilustra a variação da concentração de ferro e manganês durante o monitoramento, a concentração de ferro variou de 0,014 a 0,142 $mg L^{-1}$ e a de manganês de 0,001 e 0,013 $mg L^{-1}$. No entanto, em alguns meses esses metais não foram detectados ou até mesmo apresentaram valores muito insignificantes, por isso não há resultados na Figura 8 de abril/2005 a set/2005.

A análise de correlação apontou que houve associação significativa entre as concentrações de ferro dissolvido e manganês total com a cor aparente e verdadeira, turbidez e precipitação pluviométrica (Tabelas 6 e 7).

O ferro, muitas vezes associado ao manganês, confere à água uma coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado (Fe^{3+} e Mn^{4+}) (Richter e Azevedo Neto, 1991), contribuindo de forma significativa para um aumento na intensidade da cor (Figura 2a e b), como também na concentração de turbidez (Figura 2c). Tais compostos inorgânicos, em combinação com a matéria orgânica presente na água, provocam efeito de matéria em estado coloidal (grupos de átomos ou íons) uma vez que não podem ser vistos a olho nu, mas podem refletir a luz, não se sedimentam, tornando-se difícil a sua remoção.

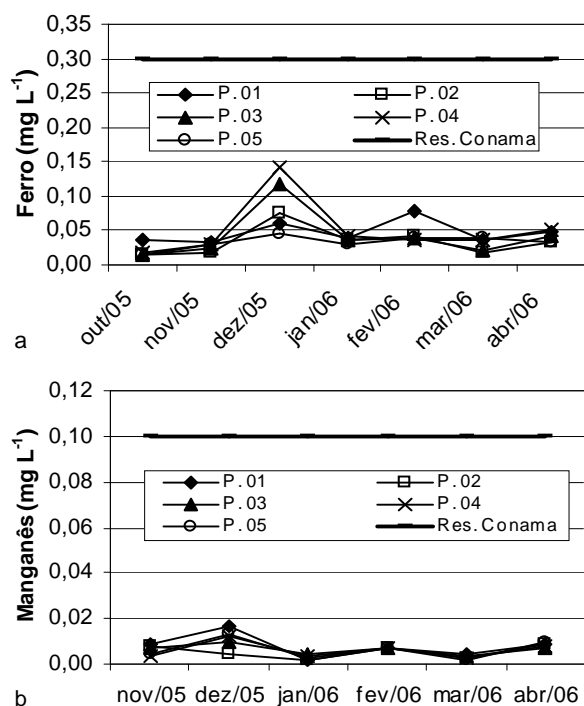


Figura 8. Variação da concentração de ferro dissolvido (a); manganês total (b).

Apesar da precipitação pluviométrica não apresentar correlação significativa com ferro dissolvido e manganês total na maioria dos pontos, a lixiviação do solo provocado pelas chuvas causou o carreamento do solo, que se encontra exposto em grande parte da área monitorado. Já que o solo da região apresenta coloração vermelha escuro, bastante fértil pela presença de minerais ferro-magnesianos, sua presença nas águas se deve à lixiviação do solo (Martinez, 2003).

Tabela 6. Análise de correlação de Spearman entre ferro e turbidez, cor aparente e verdadeira e precipitação pluviométrica.

	Ferro Dissolvido				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Turbidez	0,55	0,83	0,93	0,91	0,55
Cor Aparente	0,62	0,71	0,83	0,62	0,62
Cor Verdadeira	0,26	0,43	0,43	0,40	0,21
Precipitação	0,54	0,66	0,72	0,49	0,54

Os valores em negrito são estatisticamente significativos em $p < 0,05$.

Tabela 7. Análise de correlação de Spearman entre manganês e turbidez, cor aparente e verdadeira e precipitação pluviométrica.

	Manganês Total				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Turbidez	0,81	0,26	0,78	0,85	0,81
Cor Aparente	0,87	0,71	0,80	0,87	0,87
Cor Verdadeira	0,58	0,36	0,34	0,37	0,57
Precipitação	0,70	0,36	0,63	0,70	0,70

Os valores em negrito são estatisticamente significativos em $p < 0,05$.

Coliformes fecais - *Escherichia coli*

Escherichia coli (*E. coli*) é abundante em fezes

humanas e de animais, sendo somente encontrada em esgotos, águas naturais e solos desde que tenham recebido contaminação fecal recente, proveniente de efluentes domésticos.

Os resultados da determinação de *E. coli* apresentados na Figura 9, indicaram variações de ND a 3.000 n° colônias 100 mL⁻¹, atingindo, portanto, valores de coliformes fecais acima do limite estabelecido pela Resolução Conama n° 357/2005 para um corpo de água doce de Classe II (1.000 100 mL⁻¹).

A análise estatística indicou que a contagem de *E. coli* ($H = 17,759$; $p = 0,002$) difere significativamente entre os pontos amostrados, apontando que P-03 difere de P-01 e P-02 e P-05 difere de P-02, ou seja, o mesmo comportamento dos resultados de sulfeto e DBO.

Provavelmente, este comportamento deve estar relacionado com a fonte poluidora comum a estes parâmetros, ou seja, tanto a *E. coli* como o sulfeto e a DBO têm como principal origem o lançamento de despejos domésticos no curso d'água, e esta, é, possivelmente, a principal fonte de contaminação do rio Pirapó.

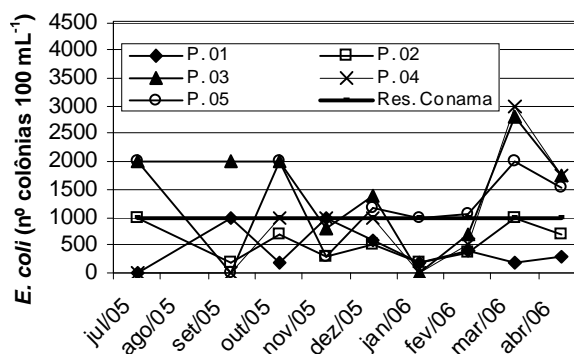


Figura 10. Variação da contagem de *Escherichia coli*.

Cassaro e Correia (2005) constatou que alguns afluentes do rio Pirapó são receptores de resíduos de diferentes origens, como por exemplo: óleos e graxas dos postos de serviços de lavagem e lubrificação automotivos, despejos industriais, lixo orgânico, materiais inertes de difícil degradação. Verificou, ainda, que a nascente do rio Pirapó recebe lançamento de efluentes de diversas características físico-químicas e biológicas, como: carga orgânica de frigorífico, detergentes de diversas indústrias, águas pluviais contaminadas com efluentes industriais, e que o rio Pirapó sofre processo de assoreamento, dada à falta de proteção natural (matas ciliares).

Os resultados obtidos, neste trabalho, indicam que a situação retratada por este pesquisador ainda persiste, ou seja, as concentrações de alguns compostos encontrados no trecho monitorado

indicam tanto a presença de poluentes orgânicos quanto inorgânicos.

A consequência disso é que a má utilização e a exploração inadequada do solo da bacia, certamente, refletiu na qualidade da água deste importante recurso hídrico.

Conclusão

A contaminação encontrada nas águas do rio Pirapó, principalmente aquela proveniente de lançamento clandestino de esgoto e do escoamento do solo, vem alterando drasticamente suas características físicas, químicas e biológicas.

Estas alterações, de um modo geral, colaboraram para que a qualidade da água da área monitorada fosse classificada como imprópria para tratamento convencional, enquadrando-se como pertencente à Classe IV, e se ações não forem tomadas urgentemente no intuito de minimizar a intensa degradação antropogênica que este manancial vem sofrendo, a limitação do uso de suas águas será inevitável. É de extrema importância à continuidade deste trabalho, principalmente, para implementação de novas análises que identifiquem as classes químicas de determinados compostos orgânicos (cancerígenos) presentes em pesticidas e fertilizantes, visto que a bacia do rio Pirapó apresenta intensa atividade agrícola.

Referências

APHA-American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1998.

BIOSYSTEMS. *Técnicas físico-químicas para análise da água*. Curitiba: Biosystems, 1995.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre uma nova classificação para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas do território nacional*. Brasília: Conama, 2005.

CARVALHO, A.R. et al. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, São Paulo, n. 23, p. 618-622, 2000.

CASSARO, L.; CARREIA, M.F. Fatores de degradação ambiental da bacia de captação de água para a cidade de

Maringá – rio Pirapó. *Sanare*, Curitiba, v. 16, p. 41-47, 2005.

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Variáveis de qualidade das águas*. 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov/agua/rios/variaves>>. Acesso em: 15 abr. 2006.

CONOVER, W.J. *Practical nonparametric statistics*. New York: J. Wiley, 1980.

EMCON AMBIENTAL–Empresa de Consultoria Ambiental. Monitoramento. 2005. Disponível em: <<http://www.emconambiental.com.br/monitoramento>>. Acesso em: 19 maio 2005.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

LOPES, J.C.J. *Água, fator limitante do desenvolvimento: a região de Maringá – PR*. 2001. Dissertação (Mestrado em Economia)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

MARTINEZ, M. *Aspectos da qualidade da água do reservatório do Parque Ingá – Maringá (PR)*. Monografia (Especialização em Controle e Gestão Ambiental)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

MARTINS, R.C. *Agricultura, gestão dos recursos hídricos e desenvolvimento rural: a convergência necessária, uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: velhos e novos desafios para a cidadania*. São Carlos: Rima, 2003.

OLIVEIRA, T.M. *Diagnóstico da qualidade físico-química e biológica da Bacia do Alto Rio Pirapó*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

O'NEILL, P. *Environmental chemistry*. London: Chapman and Hall, 1995.

PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH, 2001.

PERUÇO, J.D. *Identificação das principais fontes poluidoras de afluentes da bacia do alto rio Pirapó*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETO, J.M. *Tratamento de água: tecnologia atualizada*. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

Received on April 13, 2007.

Accepted on October 02, 2007.