Ref.: Resposta ao Requerimento n.º 104/2024 – Câmara Municipal de Leme/SP

Prefeitura de Leme <notificacao@1doc.com.br>

Ter, 04/06/2024 15:01

Para:Protocolo <protocolo@camaraleme.sp.gov.br>;contabilidade <contabilidade@camaraleme.sp.gov.br>

1 anexos (15 MB)

Resposta_ao_Req_n_104_2024_Oficio_n_2575_2024.pdf;

Ofício 2.897/2024:

Ilustríssimo Senhor Presidente da Câmara Municipal de Leme,

Atendendo ao requerimento em epígrafe, de autoria da Ilustre vereadora, Cintia Cristina Grossklauss, encaminho resposta através do anexo.

Por fim, agradeço antecipadamente à atenção dispensada, renovando hoje e sempre, votos de elevada estima e distinta consideração, permanecendo a disposição para quaisquer esclarecimentos adicionais que se façam necessários.

Atenciosamente,

Claudemir Aparecido Borges
Prefeito Municipal de Leme

Saiba como responder este Ofício

Acompanhar online »

Para cancelar recebimento de comunicação de **Prefeitura de Leme** neste e-mail, clique aqui.

Ofício Diretor Presidente – 58/2024 Leme, 29 de maio de 2024.

Resposta Câmara

AO EXCELENTÍSSIMO SENHOR PREFEITO MUNICIPAL
Claudemir Aparecido Borges
Oficio 2575/2024
Protocolo Cr.306/2024

Assunto: Requerimento nº 104/2024 Câmara Municipal de Leme.

Em atenção ao requerimento nº 104/2024 da Ilma. Vereadora Cintia Cristina Grossklaus onde afirma ter recebido informações de munícipe de que a Estação de Tratamento de Esgotos "talvez não esteja funcionando de forma eficaz" tendo em vista a turbidez e o mal cheiro a jusante do Ribeirão do Meio tem a expor o que se segue:

Sobre a representação tem a expor que a Estação de Tratamento de Efluentes Anselmo Luigi Faggion esta operante sendo que em nenhum momento houve paralisação das atividades da ETE ao qual acarretaria despejo de esgoto in natura no córrego Ribeirão do Meio.

Ademais no período em questão (11/05/2024) havia uma estiagem de 60 (sessenta) dias, diante da ausência de chuvas o que se observa é a vazão do corpo receptor do efluente da ETE abaixo do nível mínimo, pois esta recebendo quantidade de águas limpas da nascente muito abaixo da média.

Conforme "Relatório de Automonitoramento" elaborado pelo Químico Estevão Alan Vieira, servidor efetivo desta autarquia o efluente proveniente da ETE "atendem aos padrões estabelecidos pelo art. 18 do Decreto Estadual 84678/76, quanto aos parâmetros analisados." (doc. anexo).

A causa do aspecto turvo das águas do Ribeirão do Meio sempre foi e é multifatorial importante apontar que a literatura científica demonstra que o despejo da ETE não é a única fonte de poluição do Ribeirão do Meio (doc. anexo):

> Outra fonte de poluição neste trecho é a atividade agrícola, que através do uso de fertilizantes e vinhaça em plantações de cana-de-açúcar e queimadas, ocasiona a liberação de grandes quantidades de macro-nutrientes para as águas do Ribeirão do Meio. (Sardinha, D.D.S.; Conceição, F.T.D.; Souza, A.D.G.D.; Silveira, A.; De Júlio, M. & Gonçalves, J.C.D.S.I. 2008. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme-SP. Engenharia Sanitária e Ambiental, 13: 329-338.)

Sendo assim em resposta aos questionamentos levantados pela vereadora Cintia Cristina Grossklauss tem a expor:

1 - É de conhecimento das autoridades lemenses tal situação?

Resposta: Prejudicado, pois a ETE opera normalmente e o efluente está sendo despejado tratado e dentro dos padrões legais.

2- É possível a análise in loco com acompanhamento técnico?

Resposta: Em caso de dúvidas, os técnicos da Superintendência de Água e Esgotos da Cidade de Leme estão inteiramente a disposição para os esclarecimentos que fizerem necessários.

3 – Existe a possibilidade de requerer de alguma empresa privada de análise de efluentes, um relatório técnico em cima da denuncia citada, para que a população obtenha uma resposta definitiva, dirimindo qualquer dúvidas sobre esse serviço?

Resposta: Segue em anexo a análise datada de 28 de maio de 2024, coleta realizada em 21 de maio de 2024, elaborado por laboratório terceirizado com certificação internacional Ecosytem do efluente tratado despejado pela ETE atestando a conformidade nos termos da legislação em regência.

Aguardamos pronto atendimento e reiteramos votos de estima e respeito.

Leme, 29 de maio de 2024.

MAURÍCIO RODRIGUES RAMOS
Diretor Presidente
Superintendência de Água e Esgotos da Cidade de Leme

Relatório de Automonitoramento

Estação de Tratamento de Esgoto "Anselmo Luigi Faggion" – SAECIL

Período vigente: mês de abril de 2024

Químico Responsável: Estevão Alan Vieira

Tabela de resultados de análises internas do tratamento do esgoto.

	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado	Decreto Estadual 8468/76 art. 18	Conformidade
pH	6,9	7,2	Entre 5 e 9	Conforme
OD (mg/L)	0,7	4,6	Mínimo de 5 mg/L	Conforme
SSD (mL/L)	1,4	0,1	Máximo de 1 mL/L	Conforme
Temperatura (°C)	30,4	27,7	Alteração máxima de 40°C, não podendo exceder a 3°C no ponto de mistura do rio receptor	Conforme
Turbidez (FAU)	138,1	143,1	-	Conforme
Condutividade (µS/cm)	711,4	525,8	-	Conforme
DBO (mg/L)	420,0	83,0	Mínimo de redução de 80 % ou máximo de 60 mg/L de O_2.	Conforme
DBO % de redução	80,2			

Obs.: Os valores são apresentados com base em uma média aritmética dos valores medidos no decorrer do mês.

Interpretação:

Os valores atendem aos padrões estabelecidos pelo art. 18 do Decreto Estadual 84678/76, quanto aos parâmetros analisados.

Estevão Alan Vieira

CRQ IV: 04269080

Ecosystem
Análises Ambientais

Relatório de Análises 28324/2024.0.A

Proposta Comercial: PC211/2024.1

Ensaios NBR ISO/IEC 17025 CRL 0248

Data de Publicação: 28/05/2024 19:27

Identificação Conta	
Cliente: Saecil - Superintendência de Água e Esgoto da Cidade de Leme	**CNPJ/CPF:** 46.675.997/0001-80
Contato: Raquel	**Telefone:** (19) 99466-4457
Endereço: Rua Padre Julião, 971 - CENTRO - Leme - São Paulo - CEP: 13610230 - Brasil	

Nº Amostra: 28324-1/2024.0 - Esgoto tratado - Calha Final da ETE - SAECIL	
Tipo de Amostra: Água Residual / Efluente	
Data Coleta: 21/05/2024 14:17	**Data Recebimento:** 22/05/2024 08:57
Chuva na coleta: Não	**Chuva nas últimas 24h:** Não informado
Tempo: Céu Limpo	**Temperatura Ambiente:** 24ºC
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório Ecosystem	

Resultados Analíticos

Coletas

Análise	Resultado	Decreto Nº 8.468 - Artigo 18	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
pH	8,01	5 a 9	2	-	-	SMWW 24ª Ed. 4500-H+	28/05/2024
Temperatura Amostra	23,0 ºC	até 40 ºC	1,0	-	-	SMWW 24ª Ed. 2550 B	28/05/2024

Colorimetria - Fluxo Contínuo (SAN)

Análise	Resultado	Decreto Nº 8.468 - Artigo 18	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Cianeto	< 0,0040 mg/L	até 0,2 mg/L	0,0040	0,0013	0,0004	ISO 14403-2:2012	22/05/2024
Cromo Hexavalente	< 0,0300 mg/L	até 0,1 mg/L	0,0300	0,0100	0,003	ISO 23913:2006	22/05/2024
Fenol	< 0,0010 mg/L	até 0,5 mg/L	0,0010	0,0003	0,0003	ISO 14402:1999	22/05/2024

Cromatografia Iônica (IC)

Análise	Resultado	Decreto Nº 8.468 - Artigo 18	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Fluoretos	0,6293 mg/L	até 10 mg/L	0,0100	0,0033	0,0023	USEPA Method 300.1 – 04/99 Rev 1.0	22/05/2024

DQO/DBO

Análise	Resultado	Decreto Nº 8.468 - Artigo 18	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	47,0 mg/L	até 60 mg/L	2,0	0,7	0,2	SMWW, 24ª Edição - 5210B	22/05/2024
Redução da DBO	80,8 %	> 80 %	-	-	-	SMWW, 24ª Edição - 5210B	22/05/2024

Gravimetria

Análise	Resultado	Decreto Nº 8.468 - Artigo 18	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Materiais Sedimentáveis	0,2 mL/L	até 1 mL/L	0,1	-	-	SMWW, 24ª Edição - 2540F	22/05/2024
Substâncias Solúveis em Hexana	< 10,0 mg/L	até 100 mg/L	10,0	3,3	1,8	SMWW, 24ª Edição 5520C; POP FQ 104	22/05/2024

Metais

Análise	Resultado	Decreto Nº 8.468 - Artigo 18	LQ	LD	Incerteza	Referência	Data Análise
Arsênio	< 0,0050 mg/L	até 0,2 mg/L	0,0050	0,0017	0,0015	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024

Metais							
Análise	**Resultado**	**Decreto Nº 8.468 - Artigo 18**	**LQ**	**LD**	**Incerteza**	**Referência**	**Data Análise**
Bário	0,1182 mg/L	até 5 mg/L	0,0010	0,0003	0,0002	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Boro	0,2595 mg/L	até 5 mg/L	0,2000	0,0667	0,0049	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Cádmio	< 0,0005 mg/L	até 0,2 mg/L	0,0005	0,0002	0,0001	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Chumbo	< 0,0020 mg/L	até 0,5 mg/L	0,0020	0,0007	0,0003	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Cobre	0,0118 mg/L	até 1 mg/L	0,0020	0,0007	0,0003	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Cromo	0,0428 mg/L	até 5 mg/L	0,0010	0,0003	0,0002	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Estanho	< 0,0200 mg/L	até 4 mg/L	0,0200	0,0067	0,0033	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Ferro Solúvel	0,06 mg/L	até 15 mg/L	0,01	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Manganês Solúvel	0,022 mg/L	até 1 mg/L	0,005	-	-	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Mercúrio	< 0,000200 mg/L	até 0,01 mg/L	0,000200	6,700000E-5	1E-05	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Níquel	0,0062 mg/L	até 2 mg/L	0,0050	0,0017	0,0006	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Prata	< 0,0050 mg/L	até 0,02 mg/L	0,0050	0,0017	0,0004	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Selênio	< 0,0080 mg/L	até 0,02 mg/L	0,0080	0,0027	0,0012	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024
Zinco	0,0447 mg/L	até 5 mg/L	0,0100	0,0033	0,0011	USEPA Method 200.7 – Rev 4.4	22/05/2024

Especificações

Decreto Nº 8.468 - Artigo 18: Decreto Nº 8.468 de 8 de Setembro de 1976 - Artigo 18

Interpretações

Os parâmetros avaliados apresentaram-se em ACORDO com os valores estabelecidos no Decreto Nº 8.468 de 8 de Setembro de 1976 - Artigo 18.

Notas

NA: Não Aplicável.
LQ: Limite de Quantificação.
LD: Limite de Detecção.
ND: Não Detectado.
SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

%: porcentagem
mL/L: mililitro por litro
°C: graus celsius

Informações gerais:
• Os resultados deste Relatório de Análise se restringem à amostra analisada.
• Todas as informações do cliente, referentes a este trabalho estão protegidas por nossa Política de Confidencialidade.
• Se o procedimento de Coleta de Amostras for realizado pela Ecosystem este será de acordo com o POP GQ 7.03 - Amostragem, POP COL 004 Gerenciamento da Amostragem e POP COL 012 - Técnicas para Retirada, Preservação e Transporte de Amostras.
• Nenhuma das informações contidas nesse relatório pode ser reproduzida ou alterada sem o acordo formal da Ecosystem Preservação do Meio Ambiente Ltda.
• Conforme NIT-DICLA-057, quando a amostragem é realizada pelo cliente, as amostras são analisadas como recebidas. A Ecosystem não é responsável pelos dados fornecidos pelo cliente, pois estes podem afetar a validade dos resultados.

Local e data de realização das análises:
• O Laboratório Ecosystem garante que todas as análises são executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo os métodos de ensaio, procedimento para coleta e controle de amostras, quando todo processo analítico (coleta e análise) é de responsabilidade do laboratório. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado pelo Setor Técnico sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico. Todas essas datas constam nos dados brutos e estão á disposição para serem solicitadas a qualquer momento pelo interessado. Nos casos em que o ensaio é realizado com restrição as informações são transcritas no relatório de ensaio.

Local da Realização das atividades: Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda, Av. Dr. Roberto Moreira, 4500 – Condomínio CLIP (Rua 3, 836) – Paulínia – SP- CEP:13.148-378

Regra de decisão:
A incerteza não é considerada para a regra de decisão de declaração de conformidade e interpretações e opiniões, uma vez que os valores podem alternar para mais ou para menos. Desta forma, o laboratório Ecosystem considera o resultado obtido como valor comparativo para a declaração de aprovação ou desaprovação, a não ser que a regra de decisão seja inerente à norma especificada. As interpretações e opiniões não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório.

Instruções para a verificação de autenticidade de documentos:
1º - **Acesse a página:** https://portal.mylimsweb.com/Login
2º - **Clique na opção:** "Validar documento"
3º - **Preencha o campo:** Digite o número da Amostra, ano, os últimos 6 dígitos da chave de validação e nome do laboratório
4º - **Clique em download**
Obs: Após a primeira publicação do laudo, você receberá imediantamente o login de acesso e senha ao portal. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário: (UTC-03:00) Brasilia

Gabriele Scappini
CREA 5062852108
CRQ 04453270

Márcia Apª Contieri
Bióloga
CRBIO 23820/01-D

Márcio Alves de Mello
CRQ: 004208417
Químico - Responsável Técnico

Chave de Validação: eb7e3d72f5c04639aa4aaccac2df79e6

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylimsweb.com.

ARTIGO TÉCNICO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E AUTODEPURAÇÃO DO RIBEIRÃO DO MEIO, LEME (SP)

EVALUATION OF THE WATER QUALITY AND AUTO-PURIFICATION FROM THE MEIO STREAM, LEME (SP)

DIEGO DE SOUZA SARDINHA
Engenheiro Ambiental. Mestre e Doutorando em Geologia Regional pelo IGCE - UNESP - Rio Claro

FABIANO TOMAZINI DA CONCEIÇÃO
Geólogo. Mestre em Geociências e Doutor em Geologia Regional, atuando como Professor Assistente. Doutor em RDIDP na UNESP de Sorocaba, São Paulo

ANTONIO DONIZETTI GONÇALVES DE SOUZA
Biólogo. Mestre em Engenharia Ambiental. Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, atuando como Professor em RTI nas Faculdades COC, Ribeirão Preto, São Paulo

ALEXANDRE SILVEIRA
Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento), atuando como Professor Assistente. Doutor em RDIDP na UFMT, Cuiabá, Mato Grosso

MARCELO DE JULIO
Engenheiro Civil. Doutor em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento), atuando como Professor Adjunto na UEPG, Ponta Grossa, Paraná

JULIO CÉSAR DE SOUZA INÁCIO GONÇALVES
Engenheiro Ambiental. Mestrando em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP

Recebido: 07/01/08 Aceito: 12/08/08

RESUMO

Este trabalho utilizou relações hidroquímicas para avaliar possíveis entradas antropogênicas nas águas superficiais do Ribeirão do Meio (SP). Realizaram-se três coletas de água durante os meses de fevereiro, abril e julho de 2005 em cinco pontos de coleta analisando: vazão, temperatura, turbidez, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais em suspensão, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} e NO_3^-. As características da água próximo à nascente até a cidade de Leme permitem concluir que há pouca interferência na sua qualidade, porém, a falta de tratamento para o esgoto doméstico da cidade de Leme piora a sua qualidade. Para se modelar à autodepuração utilizou-se o modelo QUAL 2K, que identificou as zonas de autodepuração e indicou a necessidade de tratamento de esgotos em nível secundário, com eficiência de 76%.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, influências antropogênicas, modelagem matemática de autodepuração, gerenciamento ambiental.

ABSTRACT

This investigation utilized hydrochemical relations to evaluate possible anthropogenic inputs at Meio Stream, São Paulo State. Realized three sampling of water during the months of February, April and July/2005, in five sampling points analyzing: discharge, temperature, turbidity, pH, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), TDS (total dissolved solids), TSS (total suspended solids), Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} and NO_3^-. The characteristics of water close to spring until Leme city allow concluding that there is a small interference in its quality, however the absence of treatment of domestic wastewater at Leme city reduced its quality. It was applied the QUAL 2K modeling to evaluate the Meio Stream auto-purification identified the auto-purification zones and indicated the necessity of secondary wastewater treatment, with 76% of efficiency.

KEYORDS: *Water quality, anthropogenic influences, auto-purification mathematical modeling, environmental management.*

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Dentre os recursos naturais fundamentais, a água é o que possui maior destaque, pois sua disponibilidade é necessária a todo tipo de vida no planeta, bem como para a maioria dos meios de produção. A disponibilidade de água significa que ela estará presente não somente em quantidade, mas também que sua qualidade seja satisfatória para suprir as necessidades de um determinado conjunto de seres vivos. O uso da água pelo ser humano para qualquer finalidade resulta na deterioração da sua qualidade, limitando geralmente seu potencial de uso (Meybeck et al, 1996). A expressão corrente "qualidade da água" não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, mas sim a um padrão tão próximo quanto possível da "natural", isto é, como a água se encontra nos rios e nascentes, antes do contato com o homem. Mesmo sabendo da incomensurável importância para nossas vidas e do risco eminente da falta da mesma, muitos ainda continuam poluindo rios e reservatórios com uma carga maior do que a capacidade de autodepuração dos rios (Silveira, 1999).

Quando o esgoto sanitário, coletado nas redes, é lançado in natura nos corpos d'água, isto é, sem receber um prévio tratamento, dependendo da relação entre as vazões de esgoto lançado e do corpo receptor, pode-se esperar, na maioria das vezes, sérios prejuízos à qualidade da água (Nuvolari, 2003). Além do aspecto visual desagradável, pode haver um declínio dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática, exalação de gases mal cheirosos e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água, dentre outros aspectos. Segundo von Sperling (1996), o ecossistema de um corpo d'água antes do lançamento de despejos encontra-se usualmente em um estado de equilíbrio. Após a entrada da fonte de poluição, o equilíbrio entre as comunidades é afetado, resultando numa desorganização inicial, seguida por uma tendência posterior à reorganização. Nesse sentido, a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, onde o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático é feito por mecanismos essencialmente naturais, havendo uma seqüência sistemática de substituições de uma comunidade por outra, até que a comunidade estável se estabeleça em equilíbrio com as condições locais. Por ser a autodepuração um processo que se desenvolve ao longo do tempo e considerando-se a dimensão do curso d'água receptor como predominantemente longitudinal, tem-se que os estágios da sucessão ecológica podem ser associados a zonas fisicamente identificáveis no rio (von Sperling, 1996).

O oxigênio dissolvido tem sido utilizado tradicionalmente para a determinação do grau de poluição e de autodepuração em cursos d'água, sendo seu teor expresso em concentrações, quantificáveis e passíveis de modelagem matemática (von Sperling, 1996). Segundo Tucci (1998), os modelos matemáticos são técnicas que permitem representar alternativas propostas e simular condições reais que poderiam ocorrer dentro de uma faixa de incertezas, inerentes ao conhecimento técnico-científico, sendo o modelo matemático de qualidade da água visto como um auxiliar valioso para simular alternativas, onde seu conhecimento se torna essencial para que as alternativas e os resultados sejam representativos e possam ser corretamente avaliados. Torna-se possível, desta forma, prever a capacidade do sistema de receber efluentes, além de quantificar os impactos causados por determinadas ações. Um dos principais modelos matemáticos aplicados à qualidade da água foi desenvolvido por H. S. Streeter e E. B. Phelps em 1925, para o Rio Ohio. Este modelo é utilizado para prever o déficit da concentração de oxigênio em um rio, causado pela descarga de águas residuárias.

A quantidade e variedade de modelos que simulam a qualidade das águas são grandes. Sendo assim, a escolha pelo modelo mais adequado, deve ser promovida de acordo com as necessidades do pesquisador. É possível citar dentre os mais completos o QUAL2K - desenvolvido originalmente por Chapra (2006), da Universidade de Tufts, versão 2.04 melhorada do modelo de QUAL2E e distribuído pela U.S.E.P.A. (United States Environmental Protection Agency), que é eficiente para simular as condições hidrológicas e de qualidade da água de pequenos rios quando os dados de entrada são confiáveis. O modelo se baseia em equações diferenciais ordinárias para sistemas unidimensionais e de fluxo constante, ou seja, a concentração do material em estudo é homogênea numa mesma seção transversal, além de se enquadrar melhor do que antigos modelos para simular condições de rios com descargas de efluentes difusas. Alguns estudos simularam a variação química das águas superficiais utilizando o modelo QUAL2K, por exemplo, aqueles realizados por (Park & Lee, 2002; USEPA, 2004 & 2005; DNREC, 2005; Kannel et al, 2007; Salvai & Bezdan, 2008).

Atualmente, há grande preocupação em se ter uma abordagem integrada para estudos em bacias hidrográficas. Estes locais apresentam uma ampla gama de problemas ambientais, provocados principalmente pela ocupação desordenada do solo e despejos de efluentes domésticos e industriais, que por sua vez, ocasionam a degradação da qualidade da água, enchentes, assoreamento, etc. (Espíndola 2000; Souza 2002; Cavichiolo & Braga, 2003; Souza et al, 2004). A região de Leme (SP) se enquadra neste cenário, pois possui densa e crescente urbanização associada à falta de planejamento, gerando impactos pontuais e difusos no rio que drena a área urbana do município, no caso o Ribeirão do Meio. Assim, este trabalho teve como principal objetivo avaliar a qualidade da água e modelar o consumo de oxigênio dissolvido através do modelo QUAL 2K no Ribeirão do Meio, auxiliando no conhecimento dos ecossistemas aquáticos e fornecendo importantes subsídios para seu desenvolvimento sustentável.

ASPECTOS GERAIS DA BACIA DO RIBEIRÃO DO MEIO

O Ribeirão do Meio (Figura 1) situa-se entre os paralelos 22°04'24" e 22°15'46" de latitude S e 47°15'18" e 47°27'32" longitude W, na região nordeste do Estado de São Paulo, fazendo parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Mogi Guaçu (UGRHI – 09). Sua nascente está localizada a oeste de Leme (SP) a uma altitude aproximada de 788 m, e sua foz no Rio Mogi Guaçu, 15 km a leste deste município com altitude aproximada de 530 m.

O clima da região da bacia do Ribeirão do Meio é o do tipo Cwa, segundo o sistema Koppen, ou seja, mesotérmico de verão chuvoso e inverno seco. O verão ocorre entre os meses de

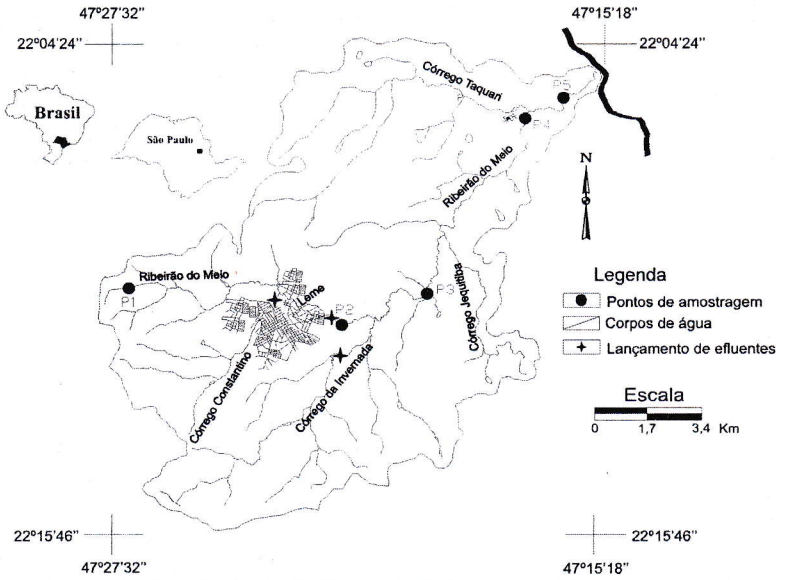


Figura 1 – Localização da bacia do Ribeirão do Meio e pontos de amostragem

outubro a março, sendo intensificado entre dezembro e fevereiro, e o inverno entre os meses de maio a setembro. A precipitação pluviométrica média anual, dos últimos 60 anos, é de 1320,8 mm, com precipitação média mensal de 110,6 mm e temperatura variando entre 7°C e 30°C, com média anual de 22°C (DAEE, 2005).

A vegetação no Ribeirão do Meio era representada principalmente pela floresta estacional semidecídua e savana. Contudo, hoje essa vegetação praticamente inexiste e foi substituída por culturas comerciais. Os solos arenosos são caracterizados pela presença de reflorestamentos e vegetação secundária. Nas áreas mais bem drenadas próximas à calha do rio, predominavam as Matas Ciliares, restritas a uma estreita faixa descontínua às margens do curso médio do Ribeirão do Meio. A expansão da cana-de-açúcar no município de Leme foi marcante a partir de 1960, chegando a ultrapassar a área plantada de algodão em 1980 e tornando-se a principal cultura do município.

A geologia local corresponde à parte oriental da Bacia Sedimentar do Paraná e envolve boa parte da sua série estratigráfica (desde o Carbonífero Superior até o Cretáceo), sendo formada por rochas do Grupo Tubarão (Formações Tatuí e Aquidauana), Grupo Passa Dois (Formação Corumbataí) e Grupo São Bento (formações Pirambóia e Serra Geral) (IPT, 1981). Geomorfologicamente, o Ribeirão do Meio está situado na Depressão Periférica Paulista (Penteado, 1976), definida como faixa erosiva deprimida entre escarpas mais avançadas da zona de cuestas e Planalto Atlântico. Os latossolos roxos, latossolos vermelho-escuro, latossolos vermelho-amarelo e argissolos vermelho-amarelo são os principais grupos de solos encontrados na bacia do Ribeirão do Meio.

METODOLOGIA

Para se ter uma idéia da distribuição dos vários elementos e da modelagem de qualidade de água e modelar o déficit de oxigênio ao longo do Ribeirão do Meio foram coletadas amostras de água por todo seu curso em 26/02/05, 21/04/05 e 09/07/05, sendo essas datas estipuladas a partir da análise de precipitação média mensal abrangendo o período chuvoso e o período de seca. Todos os pontos de coleta de água estão representados na Fig. 1, onde a seguinte convenção para os pontos (estações) de coleta será utilizada durante o desenvolvimento deste trabalho: 1 = Ribeirão do Meio antes da cidade de Leme; 2 = Ribeirão do Meio logo após a cidade de Leme; 3 = Ribeirão do Meio após a confluência do Córrego da Invernada; 4 = Ribeirão do Meio após a confluência com o Córrego Jequitibá; 5 = Ribeirão do Meio após a confluência do Córrego Taquari e antes de sua foz.

A vazão em todos os pontos de amostragem foi medida de acordo com a metodologia descrita por (Hermes & Silva, 2004), utilizando-se uma trena, um objeto flutuador e um cronômetro, sendo as variáveis colocadas posteriormente na seguinte fórmula:

$$Q = \frac{AxDxC}{T} \qquad (1)$$

onde: Q = vazão (m^3/s); A = área da seção transversal do rio (m^2); D = distância usada para medir a velocidade do rio (m); C = coeficiente de correção (0,8 para rios com fundo rochoso e 0,9 para rios com fundo lodoso) e T = tempo (s) gasto pelo objeto flutuador para atravessar a distância D.

Todas as amostras de águas fluviais foram armazenadas em vasilhames de polietileno e medidas as seguintes variáveis físico-químicas: tempera-tura (°C), pH, oxigênio dissolvido - OD (mg/L), turbidez (NTU), condutividade (µS/cm), sólidos totais dissolvidos – STD e sólidos totais em suspensão – STS (mg/L). Também foi quantificada a composição iônica pelos teores de Na^+, Ca^{2+}, K^+, Mg^{2+}, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, HCO_3^- e Cl^- (mg/L). As leituras de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade foram realizadas in situ através de métodos potenciométricos. Sólidos totais dissolvidos e sólidos totais suspensos foram quantificados pela metodologia gravimétrica, conforme descrito na 20° edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1999). Para as determinações de cloreto, utilizou-se o método potenciométrico (0,1 a 100 ± 0,02 mg/L), empregando-se um eletrodo íon-sensível Orion modelo 94-17B, um eletrodo de referência Orion modelo 90-02 (junção dupla) e o analisador Analion modelo IA-601. A turbidez foi mensurada com turbidímetro da Texas Instruments (TI 89) (0 a 200 ± 2 NTU). O cálcio, magnésio, sódio e potássio foram analisados por espectrometria de absorção atômica. Sulfato (método turbidimétrico de sulfato de bário, de 0 a 70 ± 0,9 mg/L), fosfato (método do ácido ascórbico, de 0 a 3 ± 0,01 mg/L) e nitrato (método de redução de cádmio, de 0 a 20 ± 0,4 mg/L) foram quantificados no Espectrofotômetro DR 2000 da Hach Company (Hach, 1992). A alcalinidade foi obtida por titulação com ácido sulfúrico 0,02 N (Hach, 1992) com concentração entre 1 e 500 ± 0,2 mg/L.

Para a simulação da qualidade da água neste trabalho, utilizou-se o QUAL2K, versão 2.04, distribuído pela USEPA (United States Environmental Protection Agency), pois possibilita simular a qualidade da água do Ribeirão do Meio, além de contemplar o nível de tratamento requerido. Dentre as variáveis disponíveis para simulação no QUAL2K optou-se apenas pelo oxigênio dissolvido (OD). No QUAL2K o valor de degradação/oxidação da matéria orgânica ou coeficiente de desoxigenação (K1), é representado por uma taxa que pode variar de 3 a 8 [dia^{-1}], (de acordo com trabalhos que aplicaram o modelo QUAL2K), sendo utilizado neste trabalho a taxa de 7 [dia^{-1}]. Vale lembrar que a taxa de oxidação foi utilizada como parâmetro de calibração para o ajuste do modelo aos dados coletados em campo. O valor indicador da capacidade de autodepuração ou coeficiente de reaeração (K2), foi calculado ao longo do perfil longitudinal do corpo hídrico pela variação da profundidade e velocidade utilizando a equação de (O'Connor-Dobbins, 1958).

Considerou-se a população atual de 85.000 habitantes para a cidade de Leme e a vazão de esgoto doméstico bruto gerado na zona urbana de 20.736 m^3/dia (Lei Complementar n° 280 de 28/03/2000, de acordo com a PML, 2007). A vazão total foi dividida pelos três pontos de lançamento de esgotos conforme mostra a Figura 1. Foi utilizada a vazão média obtida neste trabalho para cada ponto de amostragem do Ribeirão do Meio. Já para estimar o nível de tratamento necessário utilizou-se a vazão mínima ou de estiagem, que corresponde às condições críticas do corpo receptor de esgoto. Portanto, a vazão $Q_{7,10}$, calculada pelo programa SIGRH - Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos, foi considerada para simulação dos diferentes níveis de tratamento de esgotos. Para OD, foram utilizados os dados da terceira coleta, período seco e vazão mínima que corresponde às condições críticas de OD no Ribeirão do Meio.

A fim de aplicar este modelo, foi necessário dividir o rio em secções com características hidráulicas aproximadamente uniformes. Assim, neste trabalho adotaram-se seis trechos em função das características de escoamento, da localização das fontes poluidoras e dos pontos de monitoramento, sendo eles assim divididos: trecho 1 – da nascente até o ponto 1; trecho 2 – do ponto 1 ao ponto 2; trecho 3 – do ponto 2 ao ponto 3; trecho 4 – do ponto 3 ao ponto 4; trecho 5 – do ponto 4 até sua foz. Como este último trecho ainda poderia ser insuficiente para que ocorra degradação completa da matéria orgânica, fez-se necessário prolongar a distância a ser simulada, possuindo este trecho as mesmas características do trecho 5. O modelo exige ainda: características geográficas (longitude e latitude, fuso horário, declividade e altitude), sendo utilizada a folha SF-23-Y-A-II-1 (IBGE, 1971); parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento), (Sardinha, 2005); e elementos morfológicos (largura e profundidade). A calibração do modelo foi determinada ajustando os coeficientes chaves de modo que o modelo reproduzido observasse as condições da qualidade de água que foram adquiridas pelas análises físico-químicas de amostras de águas fluviais coletadas no Ribeirão do Meio. A Tabela 1 apresenta os valores utilizados para a modelagem da variação espacial da qualidade da água do Ribeirão do Meio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Variáveis físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas durante o período de coleta são apresentados na Tabela 2 e confirmaram que a vazão medida em todos os pontos da amostragem mostrou-se mais elevada no verão chuvoso do que no inverno seco, conforme esperado.

Através da condutividade é possível: quantificar os macronutrientes; obter informações sobre a produção primária (reduz a condutividade) e a decomposição (aumenta a condutividade); identificar as fontes poluidoras; e identificar as diferenças hidrogeoquímicas (Porto, 1991), dente outras. Os menores valores de condutividade elétrica foram obtidos para o Ribeirão do Meio próximo à sua nascente (média de 22 µS/cm). Os maiores valores de condutividade foram quantificados sempre no Ribeirão do Meio após a cidade de Leme (média de 200 µS/cm), sendo esse valor muito maior que o encontrado antes desta cidade. Apesar do intemperismo das rochas poder elevar a condutividade dessa maneira, acredita-se que essa elevação no valor do referido parâmetro se deve principalmente à contribuição de efluentes domésticos provenientes da cidade de Leme que não possúia (e não possui ainda hoje) estação de tratamento de esgoto na época da coleta. Após o ponto 2, os valores de condutividade diminuem ao longo do Ribeirão do Meio, devido à decomposição da matéria orgânica e à diluição desses efluentes pela entrada de águas mais limpas de seus afluentes (córregos da Invernada, Jequitibá e Taquari).

A temperatura de água pode afetar a vida aquática, a concentração de oxigênio dissolvido e a demanda biológica de oxigênio (Tundisi, 1986). Dentre os pontos analisados, o valor máximo de temperatura foi registrado na primeira coleta no ponto 2 (30°C) e o menor valor foi registrado nos pontos 3, 4 e 5 (18°C) na última coleta, podendo assim, observar uma variação de aproximadamente 7°C de temperatura da água entre o verão e o inverno. Outro fator a se destacar é o aumento da tem-

Tabela 1 – Valores utilizados para a modelagem de autodepuração no Ribeirão do Meio

Trechos	Altitude (m)	Declividade (%)	Q7,10 (m^3/s)	Largura (m)	Profundidade (m)	OD mínimo (mg/L)
1	680-600	28	0,004	0,9	0,1	6,3
2	600-580	8	0,13	1,5	0,5	1,4
3	580-560	4	0,35	2,0	0,6	2,0
4	560-540	2	0,51	2,5	0,8	3,0
5	540-520	2	0,66	3,0	1,0	3,9

Tabela 2 – Resultado dos parâmetros físico-químicos analisados no Ribeirão do Meio

Ponto de coleta	Vazão (m^3/s)	Cond. (µS/cm)	Temp. (oC)	pH	Turb. (UNT)	STD	STS (mg/L)	OD
Data de coleta: 26 de Fevereiro de 2005								
P1	0,30	15	28	6,8	16	272	28	6,6
P2	0,34	178	30	7,0	34	398	28	1,7
P3	0,86	130	27	7,0	14	410	30	2,2
P4	1,27	108	25	7,0	15	458	34	3,3
P5	1,62	93	25	7,1	8	506	36	4,1
Data de coleta: 21 de Abril de 2005								
P1	0,07	20	27	7,3	10	302	18	6,5
P2	0,26	190	28	6,9	15	403	24	1,5
P3	0,67	140	26	6,9	12	428	26	2,1
P4	0,98	110	25	6,9	11	476	29	3,2
P5	1,24	100	25	6,9	8	532	28	4,0
Data de coleta: 9 de Julho de 2005								
P1	0,06	30	21	7,5	3	356	14	6,3
P2	0,21	230	23	7,3	9	405	23	1,4
P3	0,53	150	18	7,2	5	458	22	2,0
P4	0,78	120	18	7,2	7	482	24	3,0
P5	0,99	110	18	7,2	6	544	26	3,9

peratura do Ribeirão do Meio após a cidade de Leme, devido provavelmente ao despejo de esgotos sanitários.

Com relação ao pH, observa-se estreita interdependência entre as comunidades vegetais, animais e o meio aquático, atuando diretamente nos processos de permeabilidade da membrana celular, interferindo, portanto, no transporte iônico intra e extracelular (Esteves, 1998). O valor máximo foi registrado no Ribeirão do Meio próximo à sua nascente (7,5) no dia 08/07/2005 e o menor valor também neste ponto (6,8) no dia 25/02/2005. Os valores obtidos em todos os pontos de amostragem indicam que as águas da Bacia do Ribeirão do Meio se encontram próximo à neutralidade.

A turbidez na água é causada pela matéria orgânica e inorgânica em suspensão (Esteves, 1988). Os valores de turbidez medidos ao longo do Ribeirão do Meio registraram pequena variação durante os três meses de coleta, sendo os maiores obtidos nos meses com maior vazão do Ribeirão do Meio, indicando que os valores mais elevados devem-se à maior quantidade de material em suspensão transportado para o rio pelas águas superficiais de escoamento. O limite de turbidez estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de Classe 2 é de até 100 NTU, o qual não foi excedido em nenhuma das amostras efetuadas neste trabalho.

A concentração de sólidos nos ecossistemas aquáticos lóticos está fortemente relacionada a todas as impurezas encontradas no curso da água, exceto os gases (Espíndola et al, 2000). Há um aumento dos valores de sólidos totais dissolvidos (STD) ao longo do Ribeirão do Meio, sendo os menores (média de 310 mg/L) e maiores (média de 529 mg/L) valores encontrados nos pontos 1 e 5, respectivamente. Além disso, os valores de STD aumentam no Ribeirão do Meio com a diminuição da vazão, fato devido a um menor efeito da diluição e a um maior tempo de atuação do processo de interação água-rocha/solo (intemperismo), e também contribuem para a elevação dos valores de pH e condutividade obtidos nesta época do ano. Já em relação aos sólidos totais em suspensão (STS), também há um aumento de sua concentração ao longo do Ribeirão do Meio, com menores (média de 20 mg/L) e maiores (média de 30 mg/L) valores registrados nos pontos 1 e 5, respectivamente. Porém, os valores de STS diminuem na época de seca (assim como a turbidez), fato inverso ao STD, condutividade e pH, devido a um menor arraste de sedimentos transportados pela erosão laminar, que é muito acentuada em época de chuva.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas se devem ao consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), difusão para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como por exemplo, o ferro e o manganês (Esteves, 1998). Como pode ser observado na Tabela 2, houve uma variação muito pequena dos valores de oxigênio dissolvido em todos os pontos de amostragem em relação à época de chuva e a época seca (variação máxima de 0,3 mg/L). Os maiores valores de oxigênio dissolvido foram obtidos no ponto 1 (média de 6,5 mg/L) indicando a ocorrência de

boa oxigenação na nascente do Ribeirão do Meio. A menor concentração de oxigênio dissolvido foi sempre encontrada no ponto 2 (média de 1,5 mg/L), fato que pode ser atribuído a decomposição de matéria orgânica (por oxidação) oriunda dos efluentes domésticos da cidade de Leme. A concentração de oxigênio dissolvido tende a aumentar ao longo do Ribeirão do Meio devido à autodepuração e entradas de águas mais limpas de seus afluentes (córregos da Invernada, Jequitibá e Taquari), mas não consegue recuperar o teor de oxigênio dissolvido limite exigido pelo CONAMA (Resolução 357/05) para rios da Classe 2 (5 mg/L), mesmo nas proximidades da sua foz com o Rio Mogi-Guaçu no ponto 5 (média de 4,2 mg/L).

Composição iônica

Da Tabela 3 constam os resultados obtidos para os principais cátions e ânions dissolvidos nas águas fluviais da bacia do Ribeirão do Meio, cuja média ponderada encontra-se ilustrada na Figura 2, sendo determinada a partir da seguinte equação:

$$C_E = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i . V_i}{\sum_{i+1}^{n} V_i} \quad (2)$$

onde: C_E = media ponderada do parâmetro (mg/L); C_i = concentração do parâmetro na i-ésima amostra (mg/L); Q_i = vazão do rio durante a coleta da i-ésima amostra (m^3/s).

O elemento cálcio tem grande importância em ecossistemas aquáticos, pois sua dinâmica influencia um dos fatores físico-químicos mais importantes do meio aquático que é o pH (Wetzel, 1983). O magnésio é um constituinte necessário da clorofila, sem a qual nenhum ecossistema poderia funcionar (Odum, 1988). Já o sódio possui as mesmas funções que o potássio, atuando na troca e transporte de outros íons para os meios intra e extracelulares (Esteves, 1998). A alcalinidade decorre da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, quase sempre alcalinos ou alcalino-terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, etc.) (Wetzel, 1983). Quanto ao cloreto, nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água (CETESB, 2005). Há um aumento significativo desses cátions, da alcalinidade e do cloreto do ponto 1 para o ponto 2 em todas as épocas de estudo, devido à entrada de efluentes do município de Leme. Porém, após o ponto 3, observa-se uma diminuição na concentração desses elementos devido à diluição causada pelas entradas dos afluentes (córregos da Invernada, Jequitibá e Taquari) que apresentam suas águas próximas às condições naturais, como o ponto 1. Além disso, há o aumento desses elementos na época de seca devido a um maior tempo de atuação do intemperismo químico, aumentando, com isso, os valores obtidos de STD, condutividade e pH. A dureza relativa ao $CaCO_3$ (mg/L) é uma medida baseada no teor de cálcio e magnésio da água (Conceição & Bonotto, 2002). Todas as águas superficiais da bacia do Ribeirão do Meio podem ser classificadas como moles, uma vez que o maior valor de dureza obtido foi de 60,4 mg/L.

Os resultados obtidos para os principais ânions dissolvidos sugerem que o Ribeirão do Meio se enquadra na Classe 2 da Resolução

Tabela 3 – Resultado dos parâmetros químicos analisados no Ribeirão do Meio

Ponto de coleta	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^-	Cl^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	NO_3^-
					(mg/L)				
Data de coleta: 26 de Fevereiro de 2005									
P1	3,6	0,5	2,6	2,6	12	7,8	0,10	1	1,8
P2	8,0	2,2	13,6	3,9	56	42,3	1,07	10	4,4
P3	7,0	2,3	9,4	2,8	46	23,7	0,32	7	3,6
P4	6,2	1,9	8,4	2,6	36	13,2	0,18	5	3,2
P5	4,6	1,8	7,5	2,2	32	12,6	0,15	4	2,5
Data de coleta: 21 de Abril de 2005									
P1	4,0	0,6	3,5	3,2	13	8,0	0,34	1	2,2
P2	9,0	4,2	21,2	5,3	74	44,4	1,23	11	5,0
P3	8,0	2,8	10,9	3,3	49	24,2	0,61	8	4,4
P4	6,6	2,5	10,1	2,5	44	14,9	0,40	4	4,0
P5	6,4	2,3	9,7	2,4	37	13,1	0,28	2	3,1
Data de coleta: 9 de Julho de 2005									
P1	7,0	0,7	3,8	4,4	19	11,5	0,57	1	3,2
P2	12,0	4,7	22,2	7,6	81	50,5	2,75	16	6,8
P3	9,8	3,0	11,4	3,9	53	26,5	0,81	10	5,0
P4	9,0	2,9	10,7	2,9	46	16,4	0,63	6	4,4
P5	8,0	2,5	9,5	2,7	39	14,6	0,41	2	4,0

CONAMA 357/05, porém, em termos de fosfato, todas as amostras apresentaram valores maiores que o permitido para a Classe 2 (máximo de 0,1 mg/L). O fósforo é um elemento fundamental para o metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia (ATP) e a estruturação da membrana plasmática (fosfolipídeos) (Esteves, 1988). O nitrato, íon altamente solúvel, é encontrado em águas como resultado da oxidação de compostos nitrogenados. Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato (SO_4^{2-}) assume maior importância na produtividade do ecossistema, visto que constitui a principal fonte de enxofre para os produtores primários (Esteves, 1988). No ponto 2 foram encontrados os maiores valores de fosfato (média ponderada de 1,56 mg/L), nitrato (média ponderada de 5,03 mg/L) e sulfato (média ponderada de 12 mg/L), podendo estas altas concentração serem atribuídas às descargas de efluentes da cidade de Leme. Esses elementos tiveram um comportamento semelhante aos cátions, STD, condutividade e pH, ou seja, diminuição e aumento em suas concentrações ao longo do Ribeirão do Meio (diluição pela entrada dos afluentes mais limpos) e na época de seca (intemperismo e menor efeito da diluição), respectivamente. Para o Ribeirão do Meio, após a cidade de Leme, os altos valores de fosfato e nitrato, devem ser considerados como fatores desencadeadores do processo de eutrofização, provocando o crescimento exagerado dos organismos aquáticos autotróficos, podendo provocar dificuldade na navegação de barcos e consumo de grande quantidade de oxigênio. Além disso, alguns tipos de algas são tóxicas e também podem provocar sabor e mau cheiro na água de abastecimento.

Utilizando-se os principais cátions e ânions discutidos neste estudo é possível classificar quimicamente as águas superficiais do Ribeirão do Meio. Para isso, utilizou-se um método gráfico proposto por Piper (1944) e usado freqüentemente na hidrogeologia, ou seja, os triângulos servem para classificar a água baseada nos cátions e nos ânions dominantes em (mEq/L), o qual fornece a distribuição iônica total, isto é, indica a característica química da água e aponta semelhanças entre várias águas (Conceição & Bonotto, 2002). Em relação aos cátions dissolvidos, os pontos analisados possuem suas águas classificadas como sódico-potássicas, e em relação aos ânions dissolvidos, todas as águas foram classificadas como alcalinas bicarbonatadas (Figura 3).

Outra classificação para as águas superficiais do Ribeirão do Meio que pode ser utilizada é o método de Gibbs (1970), que é baseada nos valores de STD e na relação da concentração de Na/(Na+Ca). Na Figura 4, observa-se que o ponto 1 localiza-se no centro do gráfico, indicando uma maior atuação dos processos de intemperismo químico provenientes da diluição das rochas, confirmando que este ponto não recebe contribuição antropogênica. Porém, os pontos 2, 3, 4 e 5 estão localizadas fora do bumerangue, fato certamente relacionado à influências antropogênicas, ou seja, efluentes domésticos da cidade de Leme.

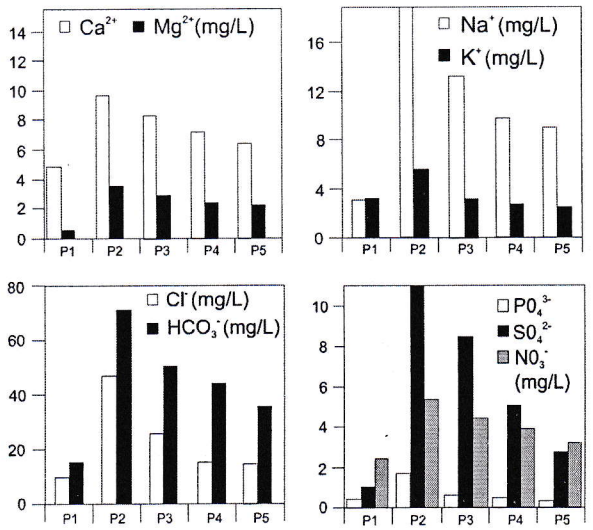


Figura 2 – Valores médios ponderados de Ca, Mg, Na, K, HCO_3^-, Cl^-, PO_4^{3-}, SO_4^{2-} e NO_3^- nos pontos de amostragem do Ribeirão do Meio

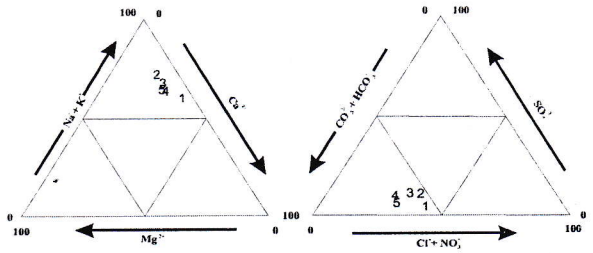


Figura 3 – Classificação das águas superficiais do Ribeirão do Meio de acordo com o diagrama de Piper (1944)

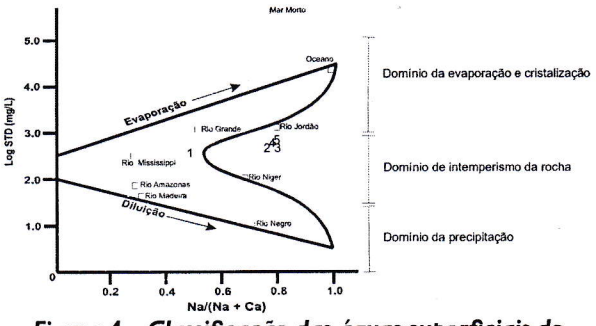


Figura 4 – Classificação das águas superficiais do Ribeirão do Meio de acordo com o diagrama de Gibbs (1970)

Simulação de OD no Ribeirão do Meio

Os resultados produzidos pelo modelo QUAL2K mostraram-se bastante acurados neste estudo (Figura 5), pois nota-se uma pequena diferença quando comparado os dados obtidos pelo modelo (linha cheia) com os dados reais (pontos cheios) de concentração de oxigênio dissolvido ao longo do Ribeirão do Meio. Este modelo ainda permitiu delimitar as diferentes zonas de autodepuração do Ribeirão do Meio (Figura 5), ou seja, a zona de águas limpas, de degradação, de decomposição ativa e de recuperação.

O Ribeirão do Meio, antes da cidade de Leme, onde se localiza o ponto 1, está situado na zona de águas limpas e transparentes, onde seu ecossistema encontra-se em estado de equilíbrio e com elevada qualidade da água. A região da nascente do Ribeirão do Meio localiza-se em uma das poucas áreas de vegetação arbórea (floresta estacional semidecídua) à arbustiva (cerrado) da bacia do Ribeirão do Meio e conta com a presença animais silvestres. Conforme suas águas escoam no sentido da área urbana da cidade de Leme, observa-se uma transição de vegetação nativa para vegetação rasteira e sem a presença de animais silvestres, devido à introdução de pastos e cana-de-açúcar, proporcionando um aumento da erosão laminar nesta área, fato confirmado pela presença de muita areia em seu leito.

A cidade de Leme possui 85.000 habitantes e utiliza água para abastecimento de sua população através de captação no Córrego Constantino e no Ribeirão do Roque, atendendo 99,39% da população municipal. A rede de coleta de esgotos atende 99,07% da população, porém eles são lançados in natura ao longo do Ribeirão do Meio, alterando a qualidade de água, começando ai à zona de degradação, onde o equilíbrio do ecossistema aquático é afetado pela alta concentração de matéria orgânica. Outra fonte de poluição neste trecho é a atividade agrícola, que através do uso de fertilizantes e vinhaça em plantações de cana-de-açúcar e queimadas, ocasiona a liberação de grandes quantidades de macro-nutrientes para as águas do Ribeirão do Meio. Ao fim da área urbana de Leme (não há preservação da mata ciliar), notou-se a degradação total do Ribeirão do Meio, pois este se encontrava com odor muito forte (devido à produção de gás sulfídrico gerado pelo lodo de fundo) e aspecto turvo (devido aos sólidos presentes nos esgotos), com alto índice de larvas de insetos, além da presença de óleos e espumas, sem contar que o local ainda é utilizado para o descarte de animais mortos e depósito de lixo.

Após essa fase inicial de perturbação, o Ribeirão do Meio entra na zona de decomposição ativa (pontos 2 e 3), região onde a qualidade da água apresenta-se em seu estado mais deteriorado (como já caracterizado pelos parâmetros físico-químicos e químicos discutidos neste trabalho) devido a grande atividade microbiana responsável pela decomposição da matéria orgânica. Nesta região, observou-se que as águas do Ribeirão do Meio ainda possuem forte odor e coloração cinza forte, com grande quantidade de matéria em suspensão, óleos, espumas e larvas de insetos e, aos poucos, há uma maior preservação da mata ciliar.

O Ribeirão do Meio entra na zona de recuperação (pontos 4 e 5) a aproximadamente 15 km após o lançamento dos efluentes, com águas mais claras e a sua aparência geral apresenta-se melhorada, sem a presença de larvas de insetos e mau cheiro, além da volta da vegetação arbustiva e intensa proteção da mata ciliar, pois a região não possui mais a cana-de-açúcar como principal forma de uso do solo. Nesta zona, há o desenvolvimento de algas e a matéria orgânica encontra-se quase que totalmente estabilizada, elevando os valores da concentração de oxigênio dissolvido (fotossíntese e reaeração atmosférica, respectivamente) em relação à zona anterior, persistindo essa elevação de oxigênio dissolvido até sua foz com o Rio Mogi-Guaçu.

Em muitos casos, a distância necessária para a autodepuração é maior que a distância física do rio, como é o caso que acontece com o Ribeirão do Meio, que necessitaria de, pelo menos, mais 5 km após sua foz para que suas águas voltem a possuir uma concentração de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L, valor recomendado pela Resolução CONAMA 357/05 para a Classe de seu Enquadramento (Classe 2). Para que o Ribeirão do Meio possua sempre valores de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L, torna-se necessário que seja realizado algum tipo de tratamento de efluente antes de seu lançamento no rio. Com isso, a modelagem utilizando o QUAL2K permitiu concluir que se a cidade de Leme possuísse uma estação de tratamento secundária de efluentes, com no mínimo 76% de eficiência, a concentração de oxigênio dissolvido no Ribeirão do Meio nunca estaria abaixo de 5 mg/L (Figura 5). Assim, como a alternativa de eficiência de 76% mostrou-se satisfatória, não há necessidade de se investigar outras alternativas de maior eficiência que, provavelmente, teriam maior custo. Diante do exposto,

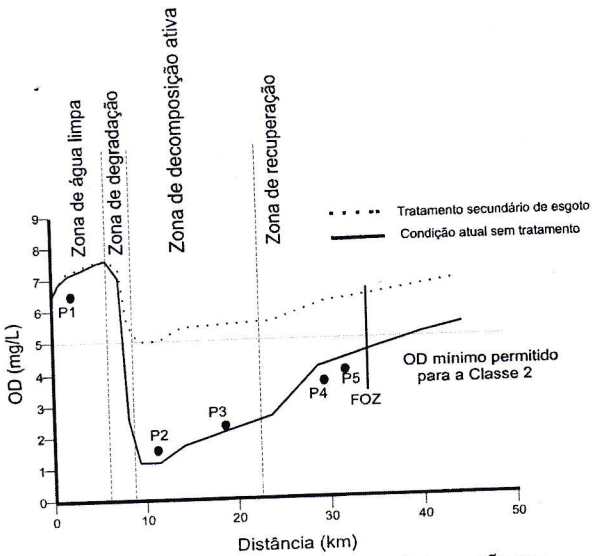


Figura 5 – Modelagem de autodepuração na condição atual e com tratamento secundário de esgoto com eficiência de 76% para o Ribeirão do Meio

os processos anaeróbios de tratamento se configuram numa alternativa interessante para o município de Leme, pois atingem a eficiência requerida com baixo custo se comparado aos processos aeróbios, além da menor geração de lodo e possibilidade de aproveitamento do biogás.

CONCLUSÕES

Os resultados da presente investigação hidroquímica conduzida no Ribeirão do Meio levaram em conta parâmetros que permitiram avaliar alterações na qualidade das águas fluviais e identificar possíveis impactos ambientais que acontecem nesta bacia. O Ribeirão do Meio é enquadrado na Classe 2 e ao longo de seu curso as características deveriam ser compatíveis com a Classe de seu Enquadramento. Porém, os parâmetros físico-químicos e químicos analisados indicaram que isto não acontece.

O Ribeirão do Meio até a cidade de Leme permanece com suas águas limpas, pois a montante deste município há pouca interferência na sua qualidade. A jusante do município de Leme, o Ribeirão do Meio passa a receber grande carga de vários elementos pelo lançamento de esgoto doméstico *in natura* neste rio. Outra importante conclusão é que a concentração da maior parte dos parâmetros estudados se eleva após a cidade de Leme e diminui ao longo do Ribeirão do Meio (diluição pela entrada dos afluentes mais limpos), além de aumentar na época de seca (intemperismo e menor efeito da diluição). A utilização do modelo QUAL2K para simulação da concentração de OD em função do comprimento do rio foi compatível pelo ajuste do modelo às amostras experimentais feitas no Ribeirão do Meio. Além disso, o modelo conseguiu identificar as várias zonas de autodepuração e indicou a necessidade de tratamento de esgotos em nível secundário, com eficiência de 76% de remoção de DBO para que as águas do Ribeirão do Meio sempre permaneçam com a concentração de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L, valor recomendado para seu Enquadramento (Classe 2).

Com isso, verifica-se que a maioria dos problemas ambientais na bacia do Ribeirão do Meio, por atividades antrópicas, tem como causas principais a sua má utilização e falta de planejamento. Uma política que engloba como principal prioridade o desenvolvimento sustentável (desenvolvimento sócio-econômico com justiça social e em harmonia com o meio ambiente) deve ser exercida nesta bacia, de forma que manter a qualidade de água do Ribeirão do Meio e seus afluentes é de extrema importância na integridade do sistema como um todo, protegendo os mananciais de abastecimento de água de Leme e outras cidades que eventualmente necessitem deste importante recurso natural.

REFERÊNCIAS

CAVICHIOLO, G.R., BRAGA M.C. *Estudo da qualidade da água, com espacialização através da aplicação de Sistema de Informação Geográfica – SIG.* CD Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, 2003.

CHAPRA, S.C. *A Modelling Framework for Simulating River and Stream Water Quality,* Version *2.04: Documentation and Users Manual.* Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA, 101p. 2006.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Variáveis de qualidade das águas.* Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em 19 de junho de 2005.

CONCEIÇÃO, F.T.; BONOTTO, D.M. *Parâmetros hidrológicos e estatísticos para estimativa de vazão nos rios da bacia do rio Corumbataí.* Revista Geociências, vol.7, p.56-73, Rio Claro, 2000.

CONCEIÇÃO, F.T., BONOTTO, D.M. *Relações hidroquímicas aplicadas na avaliação da qualidade da água e diagnóstico ambiental na bacia do Rio Corumbataí (SP).* Geochimica Brasiliensis, 16(1):1-21, 2002

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Banco de dados Pluviométricos e Pluviográficos do Estado de São Paulo.* Disponível em http://www.daee.sp.gov.br. Acesso em 12 de Junho de 2005.

DNREC - DELAWARE DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL CONTROL. *Total Maximum Daily Loads (TMDLs) Analysis for Pocomoke River, Delaware.* Dover, Delaware, 79p. 2005.

ESPÍNDOLA, E.L.G. *A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho.* Rima, São Carlos, 188p. 2000.

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

GIBBS, R.J. *Mechanisms controlling world water chemistry.* Science, vol. 170, p.1088-1090, 1970.

HACH. *Water Analysis Handbook.* Hach Company, 2ºed. Loveland, Colorado, USA, 658p. 1992.

HERMES, L.C.; SILVA, A.S. *Avaliação da qualidade das águas: manual prático.* Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 55p. 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Folha SF-23-Y-A-II-1* Leme/SP. 1971.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo.* Escala 1:1000.000, desenho nº 2, São Paulo, 1981.

KANNEL, P. R. et al. *Application of QUAL2K for water quality modeling and dissolved oxygen control in the river Bagmati.* Environ Monit Assess, vol.125, p.201-217, 2007.

MEYBECK M. et al. *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes.* UNEP/WHO, 1996, 383p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA – *Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357 de 2005.* Disponível em http://www.mma.gov.br/port/conama. Acesso em 09 de Agosto de 2005.

NUVOLARI, A. *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.* São Paulo, Edgard Blucher, 520p. 2003.

O'CONNOR, D.J. & DOBBINS, W.E. *Mechanism of reaeration in natural streams.* Journal Sanitary Engineering Division, vol. 123, p.641-666, 1958.

ODUM, E.P. *Ecologia.* Editora Guanabara Koggan S.A. Rio de Janeiro, 433p. 1988.

PARK, S.S.; LEE, Y.S. *A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea.* Ecological Modelling, vol.152, p.65-75, 2002.

PENTEADO, M.M. *Geomorfologia do setor centro-ocidental da "Depressão Periférica" no Estado de São Paulo.* Série Teses e Monografias, vol. 22, IGEOG/USP, São Paulo, 86p. 1976.

PIPER, A.M. *A grafhic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses.* Trans. American Geophysical Union, vol.25, p.914-918, 1944.

PML - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LEME. *Lei Complementar nº 280 de 28/03/2000. Institui o Plano Diretor de Gestão, Preservação e Proteção do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais do município de Leme.* Disponível em www.leme.sp.gov.br. Acesso em 03 de Setembro de 2007.

SALVAI, A.; BEZDAN, A. *Water Quality Model QUAL2K in TMDL Development.* Balwois Ohrid, Republic of Macedonia vol. 27, p.1-8, 2008.

SARDINHA, D.S. *Avaliação da qualidade da água e diagnóstico ambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, Leme (SP).* Faculdades COC, Ribeirão Preto, 95p. 2005.

SILVEIRA, A. *Desenvolvimento de metodologia para determinação do coeficiente de transferência térmica na interface água-ar.* Dissertação de Mestrado, EESC, USP, São Carlos, 102p. 1999.

SOUZA, A.D.G. *Diagnóstico Ambiental Integrado e Subsídios ao Estabelecimento de Metas de Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão (PE).* Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 123p. 2002.

SOUZA, A.D.G. et al. *Caracterização ambiental da microbacia hidrográfica do Ribeirão Preto (Ribeirão Preto-SP).* CD Anais do III Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, Brasília, 2004.

STANDARD METHODS. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* 20° ed., American Public Health Association, Washington, 663p. 1999.

TUCCI, C.E.M. *Modelos Hidrológicos.* Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998.

TUNDISI, J.G. *Environment and dams.* Ciência Hoje, vol. 5(27), p.48-55, 1986.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Total maximum daily load for nutrients Deep Run, Beach Run, and Elizabeth Run Lebanon County, Pennsylvania.* Philadelphia, Pennsylvania, 77p. 2004.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Modeling report for total maximum daily load for Skippack Creek, Montgomery County, Pennsylvania.* Philadelphia, Pennsylvania, 2005, 108p.

WETZEL, R. G. *Limnology.* 2nd Edition. Saunders College Publishing. USA, 767p. 1983.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.* 2° ed., UFMG, Belo Horizonte, 246p.1996.

VON SPERLING, M. *Estudo e modelagem da qualidade da água de rios.* UFMG, Belo Horizonte, 588p. 2007.

Endereço para correspondência:

Diego de Souza Sardinha
Av. 24-A, n° 1515
Bela Vista
13506-900 Rio Claro - SP - Brasil
Tel.: (19) 3526-4100
Fax: (19) 3524-9051
E-mail: sardinha@rc.unesp.br

