

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO CORUMBATAÍ EM TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO, SP

Aline FREDERICE ¹, Daniel Calderaro do AMARAL ², Danielle Coimbra MOREIRA ¹,
Julia SHITARA ¹, Lucas Tadeu FUESS ¹, Natália Rezende COSTA ¹, Roberta Moraes CURAN ¹,
Fábio Augusto Gomes Vieira REIS ³, Lucilia do Carmo GIORDANO ⁴

(1) Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista, UNESP. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900.

Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: ltfuess@rc.unesp.br

(2) Geografia, Universidade Estadual Paulista, UNESP. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900.

Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: calderaro@rc.unesp.br

(3) Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, UNESP.

Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista, CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: fabio@ecogeologia.com.br

(4) Ecogeologia Consultoria Ambiental Ltda. Rua 16, 1085 – Jardim Claret. CEP 13503-184. Rio Claro, SP.

Endereço eletrônico: leg@ecogeologia.com.br

Introdução
Caracterização da Área de Estudo
Materiais e Métodos
Resultados e Discussões
 Descrição dos Pontos Analisados
 Análise Granulométrica
 Estudo Hidrológico
 Análise da Qualidade da Água
Considerações Finais
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – O diagnóstico ambiental é uma importante ferramenta utilizada na previsão e na mitigação de problemas ambientais. Tendo como foco a ocupação de áreas marginais do Rio Corumbataí em um trecho urbano do município de Rio Claro (SP), o presente trabalho buscou reunir informações referentes às situações de riscos, tanto ao ambiente quanto à população, verificadas na área. Por meio da observação em campo e de estudos específicos, foram realizadas análises referentes aos aspectos geológico-geotécnicos e às características das águas superficiais e da urbanização na região. Os resultados demonstram que os problemas ambientais diagnosticados estão relacionados à falta de planejamento na ocupação da área. Além disso, as características naturais do meio físico expõem a população a riscos, como inundações e escorregamentos de solo.

Palavras-chave: diagnóstico ambiental, problemas ambientais, aspectos geológico-geotécnicos, estudo hidrológico, ocupação urbana.

ABSTRACT – A. Frederice, D.C. Do Amaral, D.C. Moreira, J. Shitara, L.T. Fuess, N.R. Costa, R.M. Curan, F.A.G.V. Reis, L. Do C. Giordano - *Environmental analysis of the Corumbataí river in an urban stretch in the city of Rio Claro, SP*. The environmental analysis is an important tool used in forecasting and mitigation of environmental problems. Focusing on the occupation of marginal areas of the Corumbataí River in an urban stretch in the city of Rio Claro (SP), this study aimed to gather information on situations of risk, both to the environment and the population, verified in that area. Through field observation and in specific studies, the geological and geotechnical aspects, the characteristics of surface waters and aspects of urbanization were analyzed. The results show that the environmental problems diagnosed are related to lack of planning in the occupation of the area. Moreover, the natural characteristics of the physical environment expose people to risks such as floods and soil slides.

Keywords: environmental analysis, environmental problems, geological and geotechnical aspects, hydrological study, urban occupation.

INTRODUÇÃO

A ocupação de áreas marginais de rios, no Brasil, é um aspecto comum da paisagem urbana. Essa ocupação, na grande maioria dos casos, ocorreu sem o planejamento adequado, fato que trouxe como consequência a exposição da população a inúmeros riscos, além de ser responsável pelo desencadeamento de inúmeros problemas ambientais. Dentre os riscos, pode-se destacar a ocorrência de inundações bem como outros processos de dinâmica superficial, basicamente

movimentos de massa, erosão e assoreamento. Em relação aos problemas ambientais, pode-se citar a invasão das áreas de preservação permanente (APPs) nas margens dos rios, a poluição das águas fluviais, pelo lançamento de esgotos sanitários nas mesmas, dentre outros.

Tendo em vista este cenário, o diagnóstico ambiental surge como uma importante ferramenta para o estudo da situação ambiental, a partir da análise de

todos os recursos ambientais e suas interações, englobando os meios físico, biológico e socioeconômico. Desta forma, possibilita traçar linhas de ação ou subsidiar a tomada de decisões para prevenir, controlar e corrigir os problemas ambientais.

O presente trabalho tem por objetivo realizar o diagnóstico ambiental em uma área localizada na região

oeste do Município de Rio Claro-SP, às margens do Rio Corumbataí, com ênfase nos aspectos relacionados aos meios físico e socioeconômico. Para tanto, propõe-se a caracterizar a área quanto a aspectos geológico-geotécnicos, bem como a realizar o estudo hidrológico e a análise da qualidade das águas superficiais no trecho estudado.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área analisada está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí na condição de sub-bacia do Rio Piracicaba, a qual pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos das Bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiá – UGRHI PCJ.

A Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí possui uma área de 1.710 km² abrangendo os municípios de Analândia, Corumbataí, Charqueada, Ipeúna, Itirapina, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes. Segundo Carmona et al. (2004), a Bacia representa uma área de grande interesse econômico e ambiental pela abundância de recursos naturais, como a vegetação nativa, e também de minerais não metálicos, areia e argila refratária para uso industrial e calcário para uso agrícola e industrial. Além disso, ocupa uma posição de destaque no cenário hídrico estadual, por ser o principal manancial de abastecimento de importantes cidades como Rio Claro e Piracicaba.

Segundo Esquierro & Tauk-Tornisielo (2008), na bacia do Rio Corumbataí há maior ocorrência do solo podzólico vermelho-amarelo, seguido pelo latossolo vermelho amarelo, ambos com predomínio de textura arenosa, bem drenada com lixiviação. Solos arenosos apresentam granulometria entre 2 a 0,05 mm. Nessa faixa, as partículas formam macroporos que facilitam a infiltração de água, entretanto essas são pouco coesas facilitando o processo erosivo. A retirada da vegetação e a ocupação do solo na bacia aceleram os processos erosivos, pois sem a cobertura vegetal, o impacto da chuva no solo é maior, o transporte do solo é feito com maior intensidade, e há menor infiltração da água no solo, conseqüentemente, ocasiona maior escoamento superficial.

A área de estudo (Figura 1) apresenta urbanização recente, compreendendo atualmente os bairros Jardim Maria Cristina, Jardim Centenário, Residencial dos Bosques, Vila Anhanguera e o início do Bairro Bonsucesso. O processo de ocupação ocorreu devido ao crescimento acelerado da população, direcionando esta a ocupar áreas cada vez mais distantes do centro da cidade.

Devido às políticas de valorização do espaço urbano, muitas famílias de baixa renda são obrigadas a ocupar bairros periféricos da malha urbana, os quais

normalmente caracterizam-se como locais de infraestrutura precária, compreendendo, em muitos casos, áreas de riscos e de interesse ambiental, situação que ocorre na área de estudo ao longo do Rio Corumbataí, no município de Rio Claro.

Em relação aos aspectos do entorno, a área é cortada por uma estrada de ferro da antiga CPEF/FEPASA, atualmente administrada pela empresa América Latina Logística (ALL) e utilizada para o transporte de cargas, sendo limitada pelo rio Corumbataí (oeste, norte), rodovia Washington Luis (leste, norte) e malha urbana de Rio Claro (em todos os quadrantes). Os problemas ambientais da área são decorrentes da falta de planejamento de sua ocupação, caracterizada por plantações de cana-de-açúcar, áreas de pastagem, loteamentos irregulares e indústrias potencialmente poluidoras.

No contexto geológico, a área localiza-se no setor paulista do flanco nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, representada, por rochas sedimentares da era Paleozóica (Formação Corumbataí) e da era Cenozóica (Formação Rio Claro e depósitos recentes).

A Formação Corumbataí corresponde à unidade superior do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo, com área de correspondência bastante extensa no vale do rio Corumbataí (Zaine, 1994). Sua constituição litológica engloba argilitos, siltitos e folhelhos arroxeados e marrom-avermelhados, às vezes esverdeados, com intercalações de arenitos, leitos carbonáticos e coquinas. Os espessos e contínuos pacotes lamíticos são explorados de maneira intensiva por atividades de mineração na região, sendo utilizados como matéria-prima para a fabricação de cerâmica vermelha.

Quanto às características da Formação Rio Claro, segundo Zaine (1994), de modo geral, sua litologia caracteriza-se por sedimentos predominantemente arenosos, esbranquiçados, amarelados e róseos, mal consolidados, com fraca litificação. São comuns as intercalações de lentes argilosas e também de níveis conglomeráticos. A fraca litificação dos depósitos arenosos torna estes altamente suscetíveis aos processos pedogenéticos e à erosão linear, de modo que a ocorrência de boçorocas é bastante freqüente.

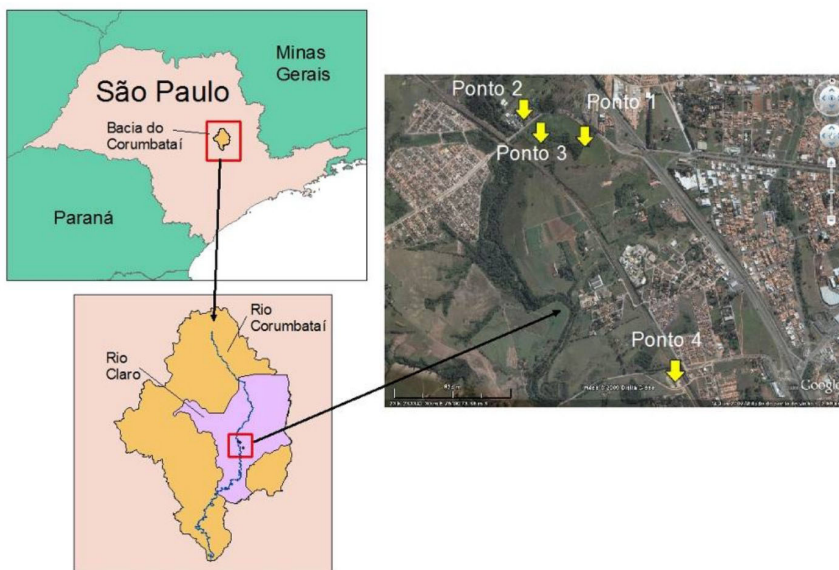
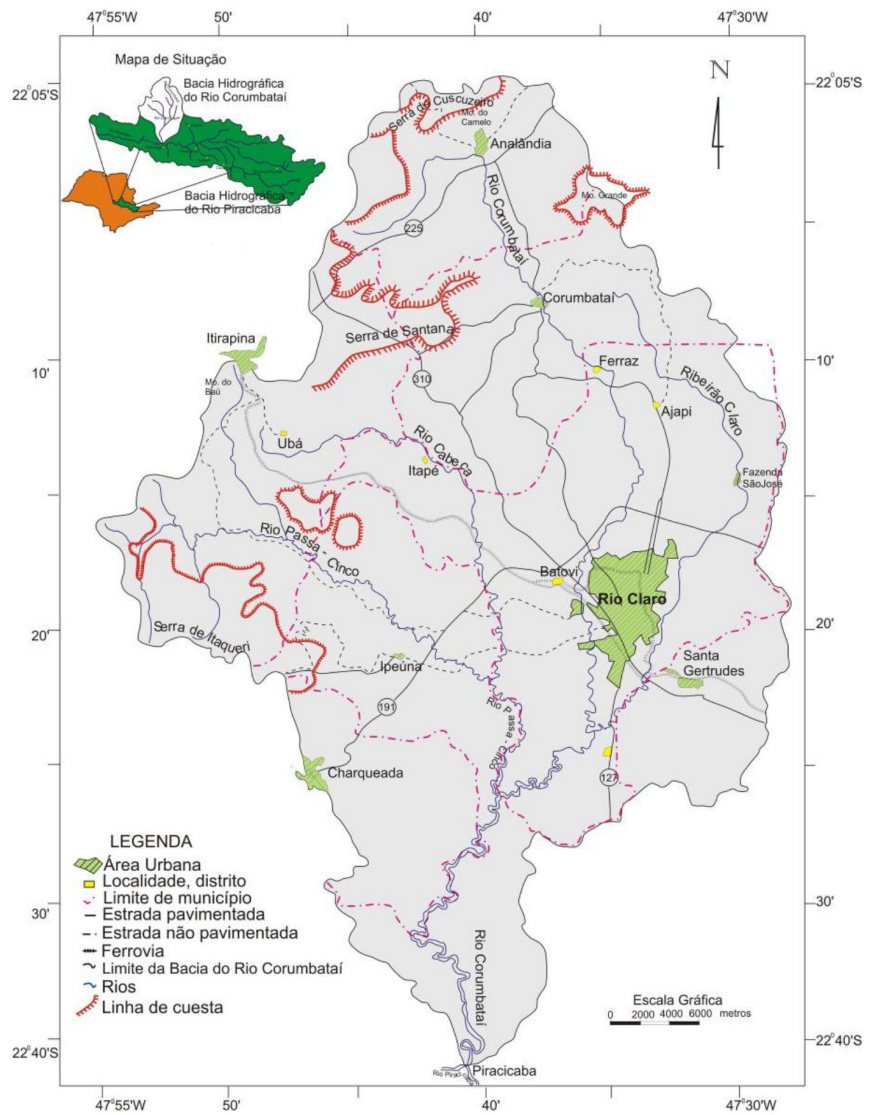


FIGURA 1. Localização da área de estudo no contexto da Bacia do Rio Corumbataí e pontos de análise. Fontes: CEAPLA (2002); Google Earth (2007).

No contexto geomorfológico, considerando uma análise em escala regional, a área está inserida na Depressão Periférica Paulista, zona do Médio Tietê. Penteadó (1976) e Zaine (1994) caracterizam o sistema de relevo da região com o predomínio de colinas tabuliformes de vertentes suavemente convexas e patamares de fraca inclinação, dispostos entre 550 e 650 m.

Considerando uma análise em escala local, a área estudada encontra-se predominantemente na área de influência do rio Corumbataí, o que confere à paisagem aspectos da geomorfologia fluvial. É formada basicamente pela planície de inundação atual do rio (área na qual se desenvolveu grande parte das análises de campo) e por seu terraço fluvial (correspondente à área da antiga planície de inundação). Além disso, notam-se outras estruturas características da geomorfologia fluvial, como por exemplo, os diques marginais. Verifica-se também na região estudada a ocorrência de um meandro abandonado do referido rio.

Considerando que o trabalho enfatiza os aspectos geotécnicos utilizou-se a classificação geológico-geotécnica proposta por Zaine (2000). Desta forma, a área engloba as unidades:

Unidade I (correspondente ao domínio da Formação Corumbataí com siltitos e argilitos arroxeados): caracteriza-se por apresentar pouca competência para alicerces rasos, uma vez que os solos são plásticos e expansivos. No entanto, economicamente é largamente explorada para extração de argila para cerâmica, atividade de notável importância na região. Na área

de estudo ocorre uma antiga lavra de extração de siltito, a qual foi utilizada como aterro de resíduos inertes após seu esgotamento.

Unidade III (correspondente ao domínio da Formação Rio Claro com arenitos amarelados e esbranquiçados de fraca litificação com intercalação de níveis argilosos e conglomeráticos): os principais problemas geotécnicos associados a essa unidade resultam da sua suscetibilidade aos processos erosivos (erosão linear), com a formação de ravinas e boçorocas. Em um dos pontos analisados, próximo à linha férrea, observou-se uma ravina (Foto 1) formada pela ação da drenagem pluvial concentrada, com agravante de poluição causado pelo despejo de esgoto a céu aberto por uma provável ligação clandestina.

Unidade V (formada por depósitos fluviais suspensos): corresponde à antiga planície de inundação do rio Corumbataí, apresentando solos hidromórficos e orgânicos. Caracteriza-se como uma área extremamente desfavorável à ocupação, devido à constante presença de água no solo, o que a torna instável.

Unidade VI (formada por depósitos aluvionares quaternários): os depósitos que caracterizam essa unidade são formados por sedimentos arenosos e argilosos, provenientes da ação recente do rio Corumbataí. Os solos são, em geral, hidromórficos e orgânicos, assim como na unidade V, são inadequados à ocupação, devido aos processos de enchentes e inundações periódicas.



FOTO 1. Imagens da ravina localizada próxima à estrada de ferro.

MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados baseou-se na observação direta do campo em determinados pontos. Foram levantados aspectos de ocupação e uso do solo. Utilizou-se um GPS Garmin modelo e-trex Camo para a obtenção das

coordenadas dos pontos analisados, um trado para a coleta de amostra de solo e uma câmera fotográfica digital Nikon modelo Coolpix L1 para registro visual da área. Os dados obtidos foram anotados em fichas

de campo, as quais englobaram os seguintes aspectos:

- *Localização da área visitada*: realizada a partir da descrição dos elementos existentes, como por exemplo, rodovias, construções, indústrias, dentre outros. Para complementar a descrição, foram obtidas as coordenadas de localização dos pontos no sistema referencial da Projeção Universal Transversal de Mercator – UTM, datum SAD 69.
- *Caracterização geológico-geotécnica da área*: baseada na classificação proposta por Zaine (2000), englobando aspectos litológicos e problemas geotécnicos identificados e potenciais.
- *Caracterização da geomorfologia local*: baseada na descrição da paisagem local, na qual predominam os aspectos da geomorfologia fluvial.
- *Caracterização do terreno*: realizada com base nos tipos litológicos presentes no local, verificando-se também a existência de feições tecnogênicas (aterros, bota-fora, etc).
- *Descrição de processos geológicos e feições de instabilidade*: determinados a partir da localização no terreno de características que evidenciaram a ocorrência de processos erosivos lineares ou laminares, além de movimentos de massa.
- *Profundidade do nível d'água*: verificada a partir da transferência das coordenadas dos pontos para o mapa de profundidade do nível do lençol freático elaborado por Zaine (2000).
- *Caracterização do uso e ocupação do entorno*: verificada pela simples observação dos elementos do entorno.
- *Verificação da presença de áreas contaminadas*: a partir da localização no campo de empreendimento ou potenciais fontes de poluição, consultou-se o Cadastro de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo disponibilizado por CETESB (2008) a fim de se comparar os dados coletados com aqueles fornecidos no documento.

Foi coletada uma amostra de solo para realização de análise granulométrica na área da planície de inundação atual do rio Corumbataí com o uso de um trado a 1,20 m de profundidade. Considerando que o solo apresentava partículas de fração grossa e fina, foi necessário realizar a análise granulométrica conjunta para a obtenção de sua distribuição granulométrica.

Os procedimentos adotados para a análise foram os seguintes: inicialmente, foi pesada uma amostra de 20 g de solo, que foi lavada em uma peneira número 270 (abertura de 0,053 mm) para eliminação das frações finas do solo. Posteriormente, a amostra lavada foi colocada na estufa para secagem por um período de 1 h. Após a secagem, houve nova pesagem da

amostra para quantificação da fração grosseira presente. A finalidade deste processo é determinar uma quantidade de amostra na qual estejam presentes 55 g de finos. Em seguida, adicionou-se 125 mL de hexametáfosfato de sódio (defloculante utilizado para separar as frações finas das grosseiras) e deixou-se a mistura em repouso por uma semana.

A mistura foi lavada em água corrente na peneira 270, de modo que o filtrado (contendo as partículas finas em solução) foi coletado em uma proveta completando o volume de 1000 mL. A fração retida na malha foi secada na estufa e submetida ao peneiramento. A Tabela 1 descreve o conjunto de peneiras utilizado.

TABELA 1. Conjunto de peneiras utilizado.

Número da peneira	Abertura (mm)
4	4,76
10	2,00
16	1,19
30	0,59
40	0,42
50	0,297
60	0,25
100	0,149
200	0,074
270	0,053

Colocou-se a amostra seca na peneira superior e levou-se o conjunto ao agitador, que permaneceu em funcionamento durante 15 minutos. Após este procedimento, pesou-se as frações contidas em cada peneira. Para o ensaio de sedimentação, o filtrado obtido na lavagem da amostra foi agitado durante 40 segundos e, posteriormente, foram feitas medições de densidade, utilizando-se um densímetro, e de temperatura, utilizando-se um termômetro de mercúrio, nos seguintes intervalos de tempos após a agitação: 2, 4, 8, 15, 30, 60, 120, 240 e 480 min. Finalmente, transferiu-se os dados obtidos no laboratório para uma planilha eletrônica no Microsoft Excel 2003, para calcular o diâmetro (D) das partículas segundo a equação:

$$D = 0,0055(\mu z)^{1/2}/[(\rho_s - \rho_w)t]^{1/2} \quad (1)$$

onde μ é a viscosidade da água; z é a altura de queda das partículas; ρ_s é a massa específica dos sólidos; ρ_w é a massa específica da água e t é o tempo de queda.

Considerando que a equação (1) inclui a viscosidade e a massa específica da água, variáveis

com a temperatura, foi necessário corrigir a as leituras feitas no densímetro a partir de uma curva de calibração, a fim de se determinar a altura de queda real das partículas.

A partir da planilha eletrônica, também se calculou a porcentagem de partículas com diâmetros menores do que aqueles calculados pela equação (1). Essa porcentagem (definida como porcentagem que passa) é calculada a partir da equação:

$$N = 100[\rho_s / (\rho_s - 1)](LDC/MSS) \quad (2)$$

onde N é definido como a porcentagem que passa; ρ_s é a massa específica dos sólidos; LDC é a leitura do densímetro corrigida e MSS é a massa de solo seco.

Após os cálculos, confeccionou-se a curva granulométrica a partir dos dados obtidos em laboratório e dos dados calculados, utilizando-se o programa computacional Grapher.

Para a elaboração do estudo hidrológico do presente trabalho, inicialmente determinou-se a área da bacia de contribuição, a partir da delimitação da mesma na folha cartográfica Rio Claro (IGC-SP; 1:10.000; SF-23-Y-A-I-4-SE-A) com o auxílio do programa computacional AutoCAD 2007. O afluente considerado para o estudo está localizado à margem esquerda do Rio Corumbataí, desaguando no ponto de coordenadas planas 7.518.825 km N e 233.055 km E (ponto S).

Em seguida, finalizado o cálculo da área drenada, determinou-se o uso do Método Racional para a realização do estudo hidrológico. Segundo Tucci (1997), este método é, certamente, o mais difundido para a determinação de vazões de pico em pequenas bacias. Ainda, sua grande aceitação se deve à simplicidade dos procedimentos utilizados, além de que os resultados costumam ser satisfatórios, desde que sua aplicação seja feita dentro de suas condições de validade.

O conceito de bacia pequena é desenvolvido a partir de quatro pressupostos básicos:

- A distribuição da chuva na bacia ocorre de forma uniforme no tempo e espaço;
- O armazenamento da água pluvial durante o escoamento é desprezível;
- O escoamento superficial é predominante; e,
- A duração da precipitação usualmente é maior que o tempo de concentração da bacia.

Em termos práticos, bacias pequenas são aquelas que apresentam área menor do que 2 km², ou que tenham tempo de concentração menor do que uma hora. DAEE (1994) define o Método Racional através da fórmula (3):

$$Q = 0,1667CIA_d \quad (3)$$

onde Q é a descarga (vazão) de cheia, em m³/s; C é o coeficiente de escoamento superficial (ou de deflúvio); I é a intensidade da chuva de projeto, em mm/min; A_d é a área de drenagem, em ha e o termo numérico 0,1667 é um fator de correção das unidades.

Considerando que o município de Rio Claro não apresenta uma equação de chuva de projeto definida, utilizou-se a equação do município de Piracicaba (4), descrita por Martinez Jr. & Magni (1999), para o cálculo da intensidade da chuva de projeto, uma vez que Rio Claro está inserido na área de abrangência desta equação (DAEE, 2006):

$$i_{t,TR} = 47,8273 (t+30)^{-0,9110} + 19,2043 (t+30)^{-0,9256} \\ [-0,4820 - 0,9273 \ln \ln(T/T-1)] \quad (4)$$

onde $i_{t,TR}$ é a intensidade da chuva, correspondente à duração t (min) e ao período de retorno TR (anos), em mm/min. A equação é válida para 10 d” t d” 1440 minutos.

Para a realização do estudo hidrológico, considerou-se a ocorrência da chuva crítica para os cálculos. Chuva crítica, isto é, a chuva que causará maior dano, é aquela com duração igual ao tempo de concentração da bacia. Logo, foi adotado $t = t_c$ para o cálculo da intensidade da chuva. O tempo de concentração da bacia foi calculado a partir da fórmula empírica do “California Culverts Practice” (5):

$$t_c = 57(L^2/I_{eq})^{0,385} \quad (5)$$

onde t_c é o tempo de concentração da bacia, em min; L é o comprimento do talvegue, em km e I_{eq} é a declividade equivalente do talvegue, em m/km.

Para o cálculo do comprimento do talvegue mediu-se, através do programa AutoCAD 2007, a maior distância entre o ponto S e o divisor de águas, seguindo a linha do talvegue. Já para o cálculo da declividade equivalente, foi elaborada uma tabela no programa Microsoft Excel 2003, com valores das cotas e distâncias entre estas, previamente obtidos no AutoCAD e, em seguida, pelos valores gerados, calculou-se o I_{eq} pela fórmula (6):

$$I_{eq} = [\Sigma L / \Sigma (L_i / i^{0,5})]^2 \quad (6)$$

onde I_{eq} é a declividade equivalente do talvegue, em m/km; L_i é o comprimento do talvegue medido em cada trecho, em km e i é a declividade de cada trecho, em m/km.

Em seguida, determinou-se o coeficiente de deflúvio. Segundo Tucci (1997), este coeficiente está relacionado com a parcela da chuva total que se

transforma em chuva excedente e com os efeitos de armazenamento na bacia. Caso os efeitos de armazenamento sejam desprezados, o coeficiente C é chamado de coeficiente de escoamento superficial e exprime apenas a parcela de chuva que se transforma em chuva excedente.

Considerando o pressuposto de que quanto menor a possibilidade da água precipitada infiltrar-se no solo ou ficar retida pela vegetação, maior será o escoamento superficial direto, a estimação do coeficiente de deflúvio para a bacia foi feita a partir da ponderação entre os diversos tipos de revestimento do terreno (tipos de uso e ocupação do solo) e as porcentagens em que estes ocorrem, de acordo com a equação (7):

$$C = (C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n)/A_t \quad (7)$$

onde A_1, A_2, \dots, A_n são as áreas referentes respectivamente aos coeficientes de escoamento superficial C_1, C_2, \dots, C_n e A_t é a área total da bacia.

Os coeficientes C_1, C_2, \dots, C_n foram obtidos a partir da Tabela 2. Esta tabela estabelece, para cada tipo de uso e ocupação do solo, um valor para o coeficiente de escoamento superficial. Após o cálculo das variáveis descritas acima (considerando-se a situação de ocupação atual da micro-bacia), estipulou-se um novo valor para a vazão de cheia a partir da variação do coeficiente de deflúvio. A variação de C foi utilizada para simular um diferente cenário de ocupação na área da micro-bacia.

Já em relação à análise da qualidade das águas superficiais realizou-se a comparação de determinados parâmetros físicos e químicos quantificados nas águas do Rio Corumbataí. Os dados utilizados são referentes aos períodos de junho de 1998 (obtidos junto à Cetesb) e julho de 2008 (fornecidos pela indústria DPV Produtos Químicos Ltda.), de modo que as coletas para as análises laboratoriais foram feitas à montante e à jusante da indústria.

TABELA 2. Valores recomendados para o coeficiente C (DAEE, 1994).

Uso do solo	C (mínimo)	C (máximo)
Área totalmente urbanizada	0,50	0,70
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos, etc.	0,20	0,35
Matas naturais, reflorestamento, etc.	0,10	0,20
Valores mínimos	Valores máximos	
Solos arenosos	Solos argilosos	
Residências isoladas	Densa urbanização	
Matas densas	Matas não adensadas	
Bacias com declividade suave (até 7%)	Bacias com declividades elevadas (acima de 7%)	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DESCRIÇÃO DOS PONTOS ANALISADOS

Para a caracterização da área de estudo foi feita a checagem de campo de quatro pontos, os quais foram considerados importantes para a determinação dos aspectos da área. A checagem de campo foi realizada no mês de abril de 2009, com condições de tempo quente e nublado para todos os pontos.

Todos os pontos localizam-se no Domínio da Formação Corumbataí – Unidade geológico-geotécnica I

(Zaine, 2000), que apresenta uma profundidade do lençol freático rasa, a qual oscila de acordo com os períodos de chuvas e estiagem.

O primeiro ponto analisado (Ponto 1) está localizado na estrada Ipeúna-Rio Claro no trecho do Bairro Bonsucesso, com coordenadas planas de 233.075 km E e 7.520.001 km N. A área caracteriza-se por apresentar pasto abandonado com solo compactado (Prancha 1, A e B) e ocupação urbana no

entorno. Neste ponto foi coletada uma amostra de solo a 1,20 m de profundidade para a realização do ensaio de análise granulométrica.

A área está inserida na planície de inundação atual do Rio Corumbataí, com sedimentos aluvionares e presença de matéria-orgânica no solo. Foi verificada a presença de um sulco de aproximadamente 80 cm no local, provavelmente formado pela concentração de água proveniente da drenagem pluvial.

O Ponto 2 localiza-se próximo à indústria DPV Produtos Químicos Ltda (Prancha 1 C e D), tendo como referência a ponte sobre o Rio Corumbataí e a linha férrea na entrada do Bairro Bonsucesso, com as coordenadas planas de 232.589 km E e 7.520.099 km N.

A DPV é uma indústria que produz diversas substâncias químicas empregadas em diferentes segmentos do setor químico. Atualmente, a empresa produz e distribui matérias-primas nos segmentos de dessecantes, de resinas e para a indústria de aromas e fragrâncias, além de produtos de fundição, tintas, produtos para repintura automotiva e plastificantes especiais. Por ser uma indústria química trata-se de uma área potencialmente contaminada, devido aos resíduos e efluentes gerados. Porém, deve-se ressaltar que a área não consta no cadastro de áreas contaminadas do Estado de São Paulo (CETESB, 2008).

Esse local também está inserido na planície de inundação atual do Rio Corumbataí, apresentando, portanto, sedimentos aluvionares e matéria-orgânica no solo. Devido à ocupação da área marginal do rio, o local está sujeito a inundações, sendo que a última, de acordo com funcionários da empresa, ocorreu no ano de 1997.

Como principais problemas ambientais têm-se a ocupação da APP pela empresa, lançamento de efluentes no Rio Corumbataí, além da possível poluição atmosférica, devido à constatação de odor forte no ar.

O Ponto 3 engloba a área de um antigo aterro de inertes (caracterizado como um tipo de feição tecnogênica), com coordenadas planas de 232.677 km E e 7.520.053 km N. No local verificou-se uma lagoa (Prancha 1 F) e um campo úmido assoreado, pela presença de vegetação típica deste tipo de região, o lírio-do-brejo e a taboa.

Assim como os outros pontos, está inserido na planície de inundação atual do rio, caracterizada, neste caso, por ser potencialmente contaminada devido à presença do antigo aterro de inertes. A contaminação da área é provável devido à deposição de resíduos sólidos variados, sendo facilitada pela falta de fiscalização ou porque durante a construção do aterro não foram consideradas as características e peculiaridades geológicas, topográficas e do entorno.

Além disso, localizou-se uma nascente na área (Prancha 1 E), com coordenadas planas de 232.607 km E e 7.520.077 km N. Constatou-se que o solo do entorno da nascente apresentava-se compactado (pisoteado) devido à presença de gado. Além disso, verificou-se a inexistência de APP no local e a ocorrência de queimada da braqueária no entorno da linha férrea.

O Ponto 4 está situado próximo à linha férrea (Prancha 1 G), com as coordenadas planas de 233.855 km E e 7.518.376 km N. No seu entorno, localiza-se a empresa KataEntulho (que promove a reciclagem de entulho e materiais de construção civil), além de áreas com ocupação urbana.

O local corresponde ao limite da planície de inundação atual do rio, caracterizando-se pela presença de nascentes. Devido ao solo arenoso da Formação Rio Claro, a área apresenta ravinamento e escorregamentos superficiais (Prancha 1 H). Este processo está relacionado à ruptura por cisalhamento, normalmente associada à saturação do terreno com água.

Quanto ao potencial de contaminação, a área está exposta a possíveis acidentes na linha férrea com contaminantes e substâncias tóxicas, além da possível presença de resíduos perigosos entre os rejeitos trabalhados pela empresa KataEntulho.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Na amostra inicial de 20 g de solo, determinou-se 5,06 g de finos. Por analogia, para obter-se 55 g de finos, necessitou-se 217 g de solo. Para o peneiramento foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 3.

Ainda referente ao processo de peneiramento, uma massa de 0,25 g ficou retida no prato colocado na base do conjunto de peneiras. Essa massa corresponde a partículas da fração fina (com tamanho menor do que 0,053 mm) que não foram removidas da porção grosseira durante a lavagem. Considerando que a massa de 0,25 g é menor do que 5 % da massa total utilizada (217 g), o ensaio apresentou resultados confiáveis.

Para a sedimentação foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 4. A curva de distribuição granulométrica tem como finalidade principal a classificação textural do solo. Além disso, alguns diâmetros específicos da curva granulométrica poderão ser correlacionados com outros parâmetros de obtenção mais difícil e que servirão para uma estimativa do seu comportamento (Nogueira, 1986). Para o presente estudo, utilizou-se a curva (Figura 2) somente para a classificação textural, parâmetro utilizado posteriormente para a determinação do coeficiente de escoamento superficial do Método Racional.



PRANCHA 1. A - Vista geral do ponto 1; B - Solo compactado verificado no ponto 1; C - Indústria DPV Produtos Químicos Ltda.; D - Rio Corumbataí e a DPV ao fundo; E - Nascente pisoteada por gado; F - Lagoa com presença de taboa; G - Vista geral da linha férrea; H - Escorregamento de solo no ponto 4.

TABELA 3. Resultado do processo de peneiramento.

Número da peneira	Abertura (mm)	Massa retida (g)	Porcentagem retida	Porcentagem retida acumulada
4	4,76	0,00	0,00	0,00
10	2,00	0,18	0,08	0,08
16	1,19	0,81	0,37	0,46
30	0,59	5,31	2,45	2,90
40	0,42	9,61	4,43	7,33
50	0,297	30,31	13,97	21,30
60	0,25	18,20	8,39	29,69
100	0,149	44,48	20,50	50,18
200	0,074	15,61	7,19	57,38
270	0,053	33,83	15,59	72,97

TABELA 4. Resultado do processo para a sedimentação.

Tempo após a agitação (min)	Leitura do densímetro	Temperatura (°C)	Leitura corrigida	Altura de queda (cm)	Diâmetro da partícula (mm)	Porcentagem que passa
2	29,00	21,00	24,70	11,80	0,0340	18,54
4	29,00	21,00	24,70	11,80	0,0240	18,54
8	28,00	21,00	23,70	12,00	0,0170	17,79
15	28,00	21,00	23,70	12,00	0,0120	17,79
30	28,00	21,00	23,70	12,00	0,0088	17,79
60	27,00	21,00	22,70	12,20	0,0063	17,04
120	27,00	21,00	22,70	12,20	0,0042	17,04
240	27,00	21,00	22,70	12,20	0,0031	17,04
480	27,00	21,00	22,70	12,20	0,0022	17,04

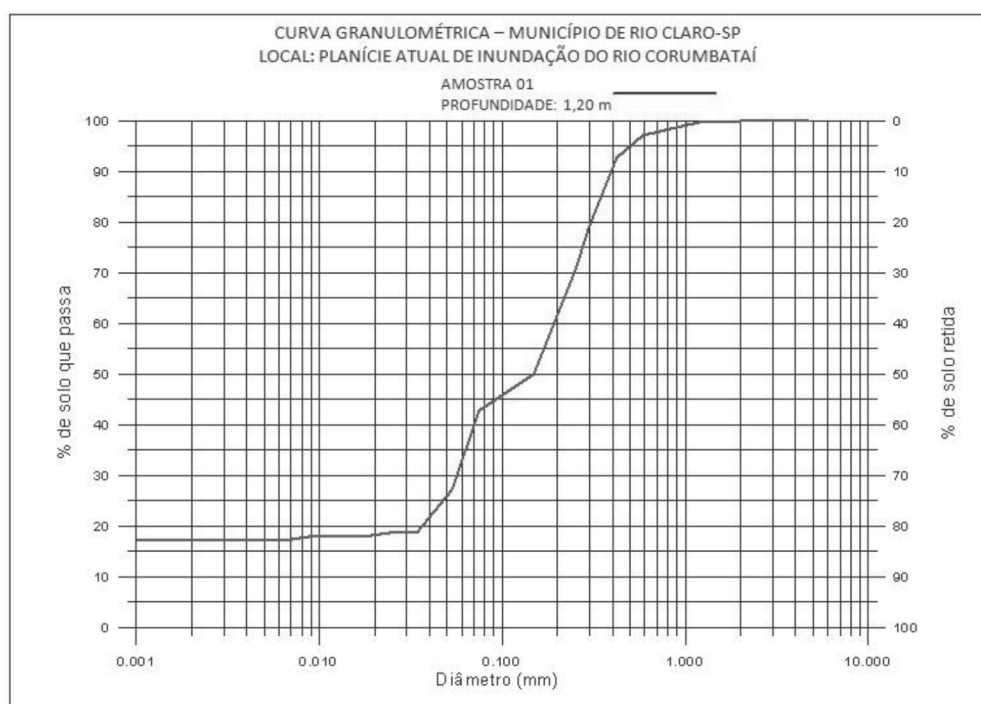


FIGURA 2. Curva granulométrica do solo analisado.

Segundo IBGE (2007), as frações granulométricas do solo, em caso de estudos especiais, como a determinação da erodibilidade, podem ser agrupadas de maneira detalhada conforme demonstrado na Tabela 5. A análise da curva granulométrica a partir das frações agrupadas na Tabela 4 indicou o predomínio da fração arenosa (englobando desde areias muito finas até areias muito grossas) no solo, perfazendo um total de 75% da composição textural da amostra.

Desta forma, comprovou-se a suscetibilidade do solo da área aos processos erosivos lineares, uma vez que os solos arenosos apresentam baixa coesão e, deste modo, suas partículas constituintes são facilmente desagregadas, removidas e transportadas pela água

(escoamento superficial). Infanti Júnior & Fornasari Filho (1998) definem a erosão linear como sendo um processo causado pela concentração de linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, o que resulta em pequenas incisões na superfície do terreno (denominadas sulcos). Na persistência do escoamento, pode haver o aprofundamento das incisões, caracterizando sua evolução para uma ravina. Por fim, a partir do momento em que os fluxos de água subterrânea passam a influenciar o processo erosivo, tem-se o processo de voçoroca ou boçoroca. Na área próxima ao ponto de coleta de solo verificou-se a presença de um sulco (Foto 2), provavelmente originado a partir da concentração do fluxo de águas da drenagem urbana no local.

TABELA 5. Frações granulométricas para classificação textural dos solos e resultado percentual da amostra analisada no estudo.

Fração	Diâmetro (mm)	Composição textural da amostra analisada (%)
Argila	< 0,002	17
Silte	0,002 a < 0,05	8
Areia muito fina	0,05 a < 0,1	21
Areia fina	0,1 a < 0,25	24
Areia média	0,25 a < 0,5	25
Areia grossa	0,5 a < 1	4
Areia muito grossa	1 a < 2	1



FOTO 2. Imagens do sulco localizado próximo ao ponto de coleta de solo.

ESTUDO HIDROLÓGICO

As inundações também são processos recorrentes na área de estudo, uma vez que parte desta engloba as áreas marginais do Rio Corumbataí. Infanti Júnior & Fornasari Filho (1998) definem a inundação como o processo de extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais, quando a vazão a ser escoada é superior à capacidade de descarga da calha.

No Brasil, esses processos representam 58% dos desastres naturais, causados e intensificados pela retirada da vegetação, ocupação irregular e não planejada. A urbanização não planejada de áreas naturais representa um dos principais fatores que originam as inundações, uma vez que modifica a drenagem a partir da impermeabilização de grandes extensões. Tal fato resulta em modificações do micro-

clima e no aumento da velocidade de escoamento e, como consequência, acarreta na diminuição do tempo para a água escoada chegar ao corpo d'água, podendo ocasionar grandes inundações. A urbanização desenfreada e sem planejamento adequado leva à incorreta utilização do solo e dos recursos da bacia hidrográfica.

Caso fossem feitos estudos adequados os impactos das inundações poderiam ser mitigados. Uma das ferramentas que auxiliam nesta mitigação (e também na prevenção dos desastres naturais) é o estudo hidrológico, que tem por objetivo fazer previsões sobre a bacia, como por exemplo, determinar a chuva de projeto, a vazão de projeto do rio, dentre outros dados. Para tanto, utiliza-se de parâmetros baseados no uso e ocupação do solo, na intensidade de chuva e no tipo de solo. Com base no resultado deste estudo podem ser tomadas decisões quanto à ocupação da área e à instalação de projetos de drenagem urbana.

A área de contribuição calculada para o afluente foi de 112,4 ha, valor que corresponde a 1,124 km². Deste modo, a área foi caracterizada como uma bacia pequena, justificando a utilização do Método Racional para a realização do estudo. A Figura 3 ilustra a delimitação da área, bem como as APPs do afluente. Embora não esteja diretamente relacionado aos resultados do estudo hidrológico, verificou-se que o crescimento urbano atingiu a APP do afluente, evidenciando que o processo de urbanização na área ocorreu em desacordo com a legislação ambiental vigente. Esse fato pode ser notado, por exemplo, pela construção da

Rodovia Washington Luiz a uma distância inferior a 50 m da nascente do afluente, valor inferior ao estabelecido pelo Código Florestal Brasileiro (alterado pela Lei Federal n.º. 7.803 de 18 de julho de 1989) (BRASIL, 1965; 1989).

Para a determinação do tempo de concentração, inicialmente mediu-se o comprimento do talvegue (L), obtendo-se assim o valor de 1,53 km. Posteriormente, calculou-se a declividade equivalente (I_{eq}). A Tabela 6 demonstra a planilha eletrônica utilizada para o cálculo. Como resultado, obteve-se o valor de 34,76 m/km (ou 3,476%) para a declividade equivalente. De acordo com a Tabela 2, a micro-bacia apresenta declividade suave, considerando que $I_{eq} < 7\%$.

A partir do tempo de concentração calculado e, adotando-se um período de retorno de 100 anos, determinou-se o valor de 3,289 mm/min para a intensidade da chuva crítica.

Em relação ao coeficiente de deflúvio, verificou-se que a área da bacia, em relação ao tipo de ocupação atual, pode ser dividida de acordo com os dados apresentados na Tabela 7. A partir destes e, considerando os valores mínimos para C presentes na Tabela 2, ponderou-se o valor de 0,41 para o coeficiente de escoamento superficial na área. Utilizou-se os valores mínimos na ponderação devido ao solo da região ser arenoso, de acordo com os resultados verificados na análise granulométrica, e à suave declividade da bacia, fato que ocasiona uma maior infiltração da água precipitada e, por consequência, um menor escoamento superficial.



FIGURA 3. Área de contribuição delimitada para o estudo. Fonte: Google Earth (2007).

TABELA 6. Planilha utilizada na determinação da declividade equivalente.

Cotas (m)	Desnível (m)	Comprimento do trecho (km)	Declividade do trecho (m/km)	$i^{0,50}$	$L/i^{0,50}$
535,00	5,00				
540,00	5,00	0,2624	19,0549	4,3652	0,0601
545,00	5,00	0,0960	52,0833	7,2169	0,0133
550,00	5,00	0,0785	63,6943	7,9809	0,0098
555,00	5,00	0,3047	16,4096	4,0509	0,0752
560,00	5,00	0,1185	42,1941	6,4957	0,0182
565,00	5,00	0,0995	50,2513	7,0888	0,0140
570,00	5,00	0,0750	66,6667	8,1650	0,0092
575,00	5,00	0,0509	98,2318	9,9112	0,0051
580,00	5,00	0,0532	93,9850	9,6946	0,0055
585,00	5,00	0,0474	105,4852	10,2706	0,0046
590,00	5,00	0,0185	270,2703	16,4399	0,0011
595,00	5,00	0,0192	260,4167	16,1374	0,0012
600,00	5,00	0,0993	50,3525	7,0959	0,0140
605,00	5,00	0,0701	71,3267	8,4455	0,0083
610,00	5,00	0,0751	66,5779	8,1595	0,0092
612,00	5,00	0,0582	34,3643	5,8621	0,0099

TABELA 7. Tipos atuais de uso e ocupação do solo na área estudada.

Uso do solo	Área (ha)
Área totalmente urbanizada (A ₁)	63,19
Área parcialmente urbanizada (A ₂)	28,46
Área predominantemente de plantações e pastos (A ₃)	20,75

Logo, o tempo de concentração (correspondente à duração da chuva) obtido através da equação (5) foi de 20,17 min. Aplicando-se a fórmula do Método Racional aos dados obtidos, estimou-se uma vazão de cheia de 25,31 m³/h, considerando a atual ocupação do terreno.

Tendo em vista a crescente urbanização da área, foi extrapolado o coeficiente C ao seu valor máximo de 0,70 (Tabela 2), considerando que a área em estudo no decorrer dos 100 anos, assumidos como o período de retorno, estaria urbanizada de maneira densa em praticamente em toda a sua totalidade (com exceção da APP ainda existente – neste caso, considerou-se um valor intermediário de 0,50 para o coeficiente de deflúvio referente à APP, uma vez que esta não

apresentaria uma área de tamanho suficiente para promover um bom amortecimento do escoamento superficial). Desta forma, ponderou-se um novo valor para C, igual a 0,68, e estimou-se uma vazão de cheia 41,98 m³/h para o cenário suposto.

Comparando-se os resultados obtidos para a vazão de cheia, notou-se um considerável incremento na vazão com a área totalmente urbanizada. Por consequência, a população local estaria exposta a maiores riscos em períodos chuvosos, devido à intensificação das enxurradas. Esse fato, decorrente da impermeabilização do solo, exigiria uma reestruturação para o sistema de drenagem urbana, uma vez que o volume de água escoado aumentaria praticamente 66% em relação às condições atuais.

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

A água possui múltiplos usos que são indispensáveis para uma vasta gama das atividades humanas, onde se destacam, entre outros, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação. Diante de toda a sua importância, o conceito de qualidade da água deve ser considerado com cuidado, von Sperling (2005) evidencia que a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

A qualidade da água pode ser representada por meio de diversos parâmetros que, juntamente com o uso atribuído a ela, norteiam a classificação dos corpos d'água. A Resolução Conama nº. 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (BRASIL, 2005).

O Rio Corumbataí apresenta uma variação de classes no decorrer da sua calha principal, chegando a atingir Classe 4 no trecho de contribuição do Município de Rio Claro. Na área analisada o rio é

enquadrado como Classe 3. Segundo Esquierro & Tauk-Tornisielo (2008), as principais causas da poluição do Rio Corumbataí estão associadas ao lançamento de esgotos "in natura", às contribuições do parque industrial do município de Rio Claro, às cargas de agrotóxicos provenientes da agricultura local, à supressão da mata galeria (que exerce um papel filtrante entre o corpo d'água e as atividades agrícolas praticadas em suas margens e vertentes) e às atividades mineradoras.

Apesar do despejo de poluentes, o rio apresenta elevado grau de autodepuração que permite a assimilação rápida da matéria despejada. Esse fato pode ser atribuído a sua declividade elevada, que aumenta a concentração de oxigênio dissolvido (OD), intensificando a degradação aeróbia.

Analisando-se a Tabela 8, nota-se uma melhoria nas características físico-químicas do rio. Essa melhora pode estar associada à construção de duas estações de tratamento de esgoto: Jardim das Palmeiras, inaugurada em 21 de novembro de 1999 e Jardim das Flores, em outubro de 2001. Além disso, é importante destacar que nas últimas décadas a crescente preocupação ambiental impulsionou o avanço da legislação ambiental, que se tornou mais rigorosa, obrigando as indústrias a se adequarem às leis vigentes.

TABELA 8. Características físico-químicas do Rio Corumbataí a montante e a jusante da DPV para um intervalo de 10 anos. Fontes: ¹ Hydro – CRIA; ² Informação cedida pela DPV.

Local	Temperatura (°C)	pH	OD (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Condutividade (µS/cm)
Montante DPV 1998 ¹	19	7	6,5	15	4	63
Jusante DPV 1998 ¹	19	7	6,5	16	4	63
Montante DPV 2008 ²	20	6,2	7,2	< 5	1,3	72,4
Jusante DPV 2008 ²	20	6,25	6,5	< 5	0,8	65

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico ambiental do Rio Corumbataí em um trecho urbano do Município de Rio Claro constatou que os principais problemas ambientais da área são decorrentes da falta de planejamento no uso e ocupação do solo. Os problemas diagnosticados referem-se à ocupação irregular de APPs, à ocorrência de fatores caracterizados como fontes potenciais de contaminação e à qualidade das águas superficiais.

Quanto aos fatores de risco, as características do meio físico associadas à falta de planejamento no processo de ocupação expõem a população a eventos de inundação, de escorregamento de solos e também a processos erosivos acentuados do terreno.

A área apresenta vários pontos potenciais à

ocorrência de inundação, fato que será largamente incrementado pelo aumento da ocupação urbana, seja pela implantação de novos loteamentos, como pela instalação de áreas industriais.

Portanto, há necessidade de implantação de políticas públicas para ordenação da ocupação local, aumentando as áreas de preservação, em complemento à adequação do sistema de água pluviais. Desta forma, o diagnóstico ambiental deve ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisões referentes ao processo de urbanização, evidenciando regiões mais suscetíveis à ocorrência de problemas ambientais e de riscos à população.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Geologia Aplicada – DGA da UNESP, Rio Claro, pelo fornecimento de equipamentos utilizados na coleta de dados e pela disponibilização do laboratório de Geotécnica para realização do ensaio de granulometria conjunta, e à indústria DPV Produtos Químicos Ltda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº. 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 18mai2009.
2. BRASIL. **Lei nº. 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L4771.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2009.
3. BRASIL. **Lei nº. 7.803**, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº. 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L7803.htm#art2c>>. Acesso em: 15mai2009.
4. CARMONA, E.C.; FAGUNDES, P.; GIMENEZ, D.D.; JORDÃO, M.W.; JORDÃO, S.E.R.; REIS, J.C.; RIBEIRO, M.A.H.W.; SANCHEZ, M.C.; SENEDA, R.M.; SOUZA, A.M.G. de F. **Diagnóstico da Água no Município de Rio Claro**. Rio Claro, 110 p., 2004.
5. CEAPLA – CENTRO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí**. Altura: 3970 pixels. Largura: 3071 pixels. 795 KB. Formato JPEG. Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí, 2002. Disponível em: <<http://ceapla.rc.unesp.br/atlas/atlas.html>>. Acesso em: 5mai2009.
6. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relação de áreas contaminadas no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/relacao_areas.asp>. Acesso em: 4abr2009.
7. DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas**. 2 ed. São Paulo: DAEE, 116 p., 2006.
8. DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Cálculo de Vazões Máximas Médias e Mínimas para as Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 64 p., 1994.
9. ESQUIERRO, J.C.; TAUKE-TORNISIELO, S.M. Bacia do Rio Corumbataí: aspectos econômicos e ambientais. **Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá** – Consórcio PCJ, 178 p., 2008.
10. GOOGLE EARTH: **Imagem de satélite**. 14 jun. 2007. Disponível em: <<http://earth.google.com.br/>>. Acesso em: 8mai2009.
11. HYDRO-CRIA. Banco de dados (**Parâmetros de Análise de Água no Estado de São Paulo**). Disponível em: <<http://www.hydrocria.org.br/>>. Acesso em: 4jun2009.
12. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2007. CD-ROM.
13. IGC – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). **Folha cartográfica Rio Claro**. SF-23-Y-A-I-4-SE. Escala 1:10.000. São Paulo, 1979.
14. INFANTI JÚNIOR, N. & FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.), **Geologia de Engenharia**. 5 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Cap. 9, p. 131-152, 1998.
15. MARTINEZ JR, F.; MAGNI, N.L.G. **Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo/SP: 130 p., 1999.
16. NOGUEIRA, J.B. **Mecânica dos solos**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – USP, XIV, 197 p., 1986.
17. PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Rio Claro, 1976. 86 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro.
18. Von SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 452 p., 2005.
19. TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: ABRH, 943 p., 1997.
20. ZAINÉ, J.E. **Geologia da formação Rio Claro na folha Rio Claro (SP)**. Rio Claro, 1994. 90 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
21. ZAINÉ, J.E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. Rio Claro, 2000. 149 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

*Manuscrito Recebido em: 20 de maio de 2010
Revisado e Aceito em: 5 de julho de 2010*