

DIAGNÓSTICO DOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DA ÁREA URBANA DE RIO CLARO-SP: SUBSÍDIOS PARA O PLANO DIRETOR

Cenira Maria Lupinacci Cunha¹, Rodrigo Braga Moruzzi² e Roberto Braga³

Resumo: *Em ambientes quentes e úmidos, o gerenciamento dos espaços urbanos deve considerar aspectos relacionados à drenagem urbana, os quais necessitam ser incorporados aos planos diretores. Esse fato adquire maior importância quando se tratam de espaços urbanos estabelecidos sobre condições hidrogeomorfológicas que naturalmente criam dificuldades ao escoamento das águas pluviais. Assim, este artigo foi desenvolvido com o objetivo de apresentar o diagnóstico de drenagem urbana realizado para Rio Claro - SP, discutindo seus resultados e avaliando a eficácia das técnicas utilizadas no levantamento dos dados. Além disso, apresentam-se as diretrizes formuladas com base na análise de tal diagnóstico. A partir de um levantamento detalhado de dados, foi possível verificar que os impactos provocados pelo ineficiente sistema de drenagem urbana da área de estudo provocam efeitos diretos, como as inundações, efeitos indiretos, como as erosões peri-urbanas e comprometem a qualidade das águas pluviais e fluviais.*

Palavras-Chave: Drenagem urbana. Inundações urbanas. Planejamento urbano. Unidades sócio-ambientais.

1 Introdução

O Plano Diretor (PD) é o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano e obrigatório, por força da Constituição Federal (BRASIL, 1988) e do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), para as cidades com mais de 20 mil habitantes. Um dos objetivos deste é definir as diretrizes básicas para expansão urbana, uso e ocupação do solo urbano, parcelamento e implantação de infra-estrutura urbana. A proposta aqui delineada está inserida nesse contexto, permeando esses objetivos, uma vez que o diagnóstico da drenagem urbana é importante para a eficiência das orientações sobre a ocupação da terra que devem constar no Plano Diretor do município.

As inundações urbanas têm sido um dos maiores desafios das cidades brasileiras. Em geral, as causas estão associadas à expansão urbana desordenada, alheia às características do meio físico, gerando graves conseqüências para a rede hidrográfica do município, para a população e para a administração pública. Para a solução deste problema, um diagnóstico adequado é imprescindível para a avaliação dos impactos da urbanização e proposição de alternativas compatíveis com as realidades locais.

Desde 2006, a Resolução CONAMA 369 (BRASIL, 2006), que dispõe sobre a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Proteção Permanentes (APPs), em casos de interesse público e baixo impacto ambiental, estabelece normas mais claras em relação às áreas urbanas, sobretudo no que se refere a sua utilização como área verde pública e à regularização fundiária, haja vista o fato de que boa parte das ocupações urbanas irregulares encontra-se em áreas de preservação permanente.

No caso da implantação de áreas verdes de domínio público em APP, o artigo 8º. da Resolução CONAMA 369 (BRASIL, 2006) considera tais áreas como aquelas que desempenham função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização, podendo ocorrer a implantação de equipamentos urbanos de baixo impacto como: ciclovias; pequenos parques de lazer, equipamentos de segurança, lazer, cultura e esporte; bancos, sanitários, chuveiros e bebedouros públicos. No entanto, os percentuais de impermeabilização e alteração para ajardinamento ficam limitados a 5% e 15%, respectivamente, da área total da APP inserida na área verde de domínio público.

¹ cenira@rc.unesp.br – Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP – Campus de Rio Claro – Av. 24A n. 1515, Bairro Bela Vista, Rio Claro (SP) – CEP 13506900.

² moruzzi@rc.unesp.br

³ rbraga@rc.unesp.br

Em caso de regularização fundiária, o artigo 9º. da referida resolução determina que serão permitidos apenas nos casos de áreas de preservação permanente, ocupadas por população de baixa renda consolidadas até a promulgação do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), além da elaboração pelo Poder Público Municipal, de um Plano de Regularização Fundiária Sustentável, sendo vedada a regularização de ocupações que, nesse Plano, sejam identificadas como localizadas em áreas consideradas de risco de inundações, corrida de lama e de movimentos de massa rochosa e outras definidas como de risco. A Resolução CONAMA 369 (BRASIL, 2006) lista, também, uma série de atividades consideradas de baixo impacto, passíveis de serem implantadas em APPs, tais como, abertura de pequenas vias de acesso interno e suas pontes e pontilhões; implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e efluentes tratados; implantação de corredor de acesso de pessoas e animais para obtenção de água; implantação de trilhas para desenvolvimento de ecoturismo; construção de rampa de lançamento de barcos e pequeno ancoradouro. Nestes casos também a intervenção ou supressão de vegetação em APP não poderá exceder ao percentual de 5% (cinco por cento) da APP impactada localizada na posse ou propriedade. Em todas essas situações torna-se patente a necessidade do Plano Diretor, pois conforme prevê em seu artigo 2º., o órgão ambiental competente somente poderá autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP se forem atendidos os requisitos previstos nas normas Federais, Estaduais e Municipais, incluindo nestas últimas, explicitamente, o Plano Diretor.

Tomando-se como estudo de caso a cidade de Rio Claro, observa-se, nos últimos anos, que houve um expressivo aumento da frequência e do nível das inundações, assim como a redução da qualidade da água e o aumento de sólidos no escoamento pluvial. Estes fatos estão relacionados também à baixa declividade do sítio urbano e as características da rede hidrográfica, a qual apresenta diversos canais de drenagem, atualmente, envolvidos pela urbanização. (MORUZZI et AL., 2009).

Diante desses fatos, no processo de atualização do Plano Diretor de Rio Claro, fez-se necessário levantar um conjunto intrincado de dados que possibilitassem analisar as causas e conseqüências de tais problemas de drenagem, assim como traçar

diretrizes para futuras ações mitigadoras e preventivas.

Dessa forma, o objetivo desse artigo é apresentar o diagnóstico realizado, discutindo seus resultados e avaliando a eficácia das técnicas utilizadas no levantamento dos dados. Além disso, apresentam-se as diretrizes formuladas a partir de tal diagnóstico. Assim, a seguir discutem-se as principais características da área de estudo, as quais interferem significativamente no sistema de drenagem urbana.

2 A Área de Estudo

O município de Rio Claro localiza-se, aproximadamente, entre 22º10' e 22º33' de latitude sul e 47º27' e 47º50' de longitude oeste, situando-se no setor centro-leste do estado de São Paulo (Figura 1). O município conta com uma população de 180 mil habitantes, distribuídas por uma área de 503 km², cuja taxa média de crescimento anual foi de 1,97% entre 2000 e 2005. Esta taxa é superior à taxa estimada para o estado de São Paulo, que é de 1,72 % a.a., e à do Brasil, projetada em 1,48% a.a. entre o mesmo período. Com relação à questão etária, o município registra uma diminuição na proporção de crianças e, concomitantemente, um incremento da população de jovens e adultos (15 a 64 anos) e idosos (maiores que 65 anos). O setor industrial tem sido o maior empregador de mão-de-obra do município. Contudo, essa liderança vem sendo ameaçada pelo crescimento do setor de serviços que se encontra em evolução (RIO CLARO, 2007).

Regionalmente, Rio Claro insere-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 5 (UGRHI 5) do estado de São Paulo, que corresponde às bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. A maior parte da área do município pertence à sub-bacia do rio Corumbataí, afluente da margem direita do rio Piracicaba, o qual deságua no rio Tietê. A sub-bacia do rio Corumbataí está localizada na porção noroeste da bacia do Piracicaba, apresentando área de 1.679,19 Km², correspondente a 11% da área total da UGRHI 5. Além de Rio Claro, pertence a esta sub-bacia os municípios de Analândia, Charqueada, Cordeirópolis, Corumbataí, Ipeuna, Iracemápolis, Itirapina, Piracicaba, Santa Gertrudes e São Pedro (RIO CLARO, 2007).

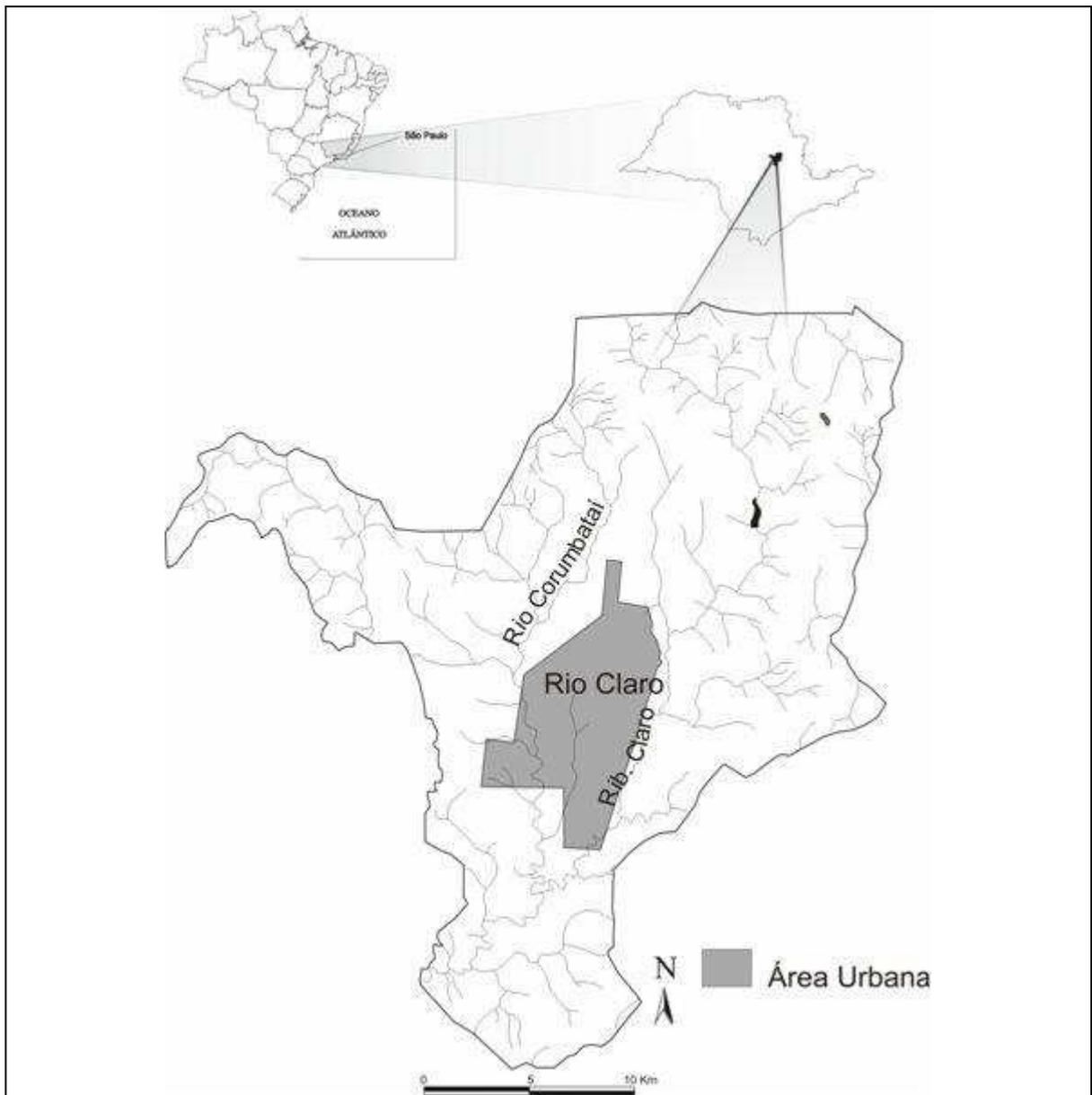


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Situado no setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista – zona do Médio-Tietê, o sítio urbano do município de Rio Claro, em sua maioria, localiza-se no interflúvio entre o rio Corumbataí e o Ribeirão Claro. Sua expansão, inicialmente, realizou-se de forma longitudinal, já que os vales destes rios, a leste e oeste da área urbana, além da Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”, atuaram, em um primeiro momento, como barreira física a esta expansão. Contudo, verifica-se, atualmente, que os terrenos ocupados pela área urbana atingem altitudes de 625 metros no setor norte, pertencente à área de interflúvio Corumbataí-Ribeirão Claro, e 540 metros já no fundo do vale do rio

Corumbataí. De maneira geral, destaca-se o interflúvio sub-tabuliforme entre o rio Corumbataí e Ribeirão Claro, com altitudes de 600-630 metros, capeados por sedimentos arenosos. As bordas deste interflúvio caracterizam-se como colinas suavemente convexas, que se desdobram em patamares escalonados até a várzea dos dois rios. Nos fundos dos vales ocorrem depósitos móveis, identificados como antigos assoalhos aluviais, e a planície aluvial atual (PENTEADO ORELLANA, 1981).

O interflúvio entre o Ribeirão Claro e o rio Corumbataí apresenta-se levemente dissecado, embora mantenha a característica de sub-tabularidade a qual transiciona para vertentes convexas-

retilíneas a convexas-côncavas. Registra-se que a borda deste interflúvio apresenta uma seqüência de amplos esporões interrompidos por anfiteatros desenvolvidos. Tais anfiteatros (Figura 2) vinculam-se a diversos afluentes do Ribeirão Claro e do rio Corumbataí, cujas margens vêm sofrendo intenso processo de urbanização. Exemplos desta situação podem ser encontrados nos bairros Conduta, Parque Mãe Preta e Jardim Bandeirantes, cortados por afluentes do Ribeirão Claro. Na margem oposta deste interflúvio, drenada pelo rio Corumbataí, tem-

se também a presença de diversas drenagens como ocorre, por exemplo, no Jardim Panorama, Jardim Santa Eliza, Jardim Santa Maria, Jardim Centenário, entre outros. Convém destacar ainda que o processo de urbanização é responsável pela canalização de vários afluentes do Ribeirão Claro, como o Córrego Lavapés que hoje se encontra sob a avenida Ulisses Guimarães, e afluentes do rio Corumbataí, como o Córrego da Servidão, atualmente sob a avenida Visconde do Rio Claro.

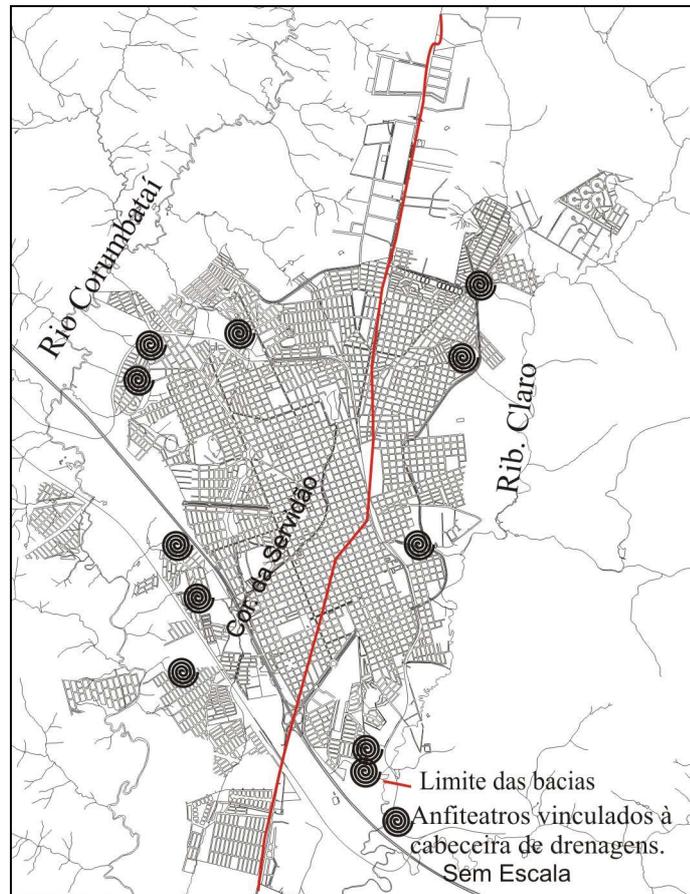


Figura 2 – Posicionamento da área urbana de Rio Claro (SP) em relação aos cursos fluviais.

Outro fato importante sobre a dinâmica hídrica urbana, refere-se à morfologia da superfície sub-tabular do interflúvio, na qual se registra também a presença de zonas deprimidas, marcadas por lagoas antigas ou atuais e zonas de escoamento difícil. Estas áreas estão ligadas normalmente às cabeceiras de drenagens, originadas principalmente, no contato discordante dos sedimentos arenosos da Formação Rio Claro com os siltitos e argilitos da Formação Corumbataí. Pode-se mencionar como exemplo o parque do Lago

Azul, cabeceira de drenagem do córrego da Servidão (Figura 3).

A partir dos anos 70, com os altos índices migratórios e de êxodo rural, refletindo em expansão considerável das cidades médias brasileiras, a ocupação anteriormente reduzida aos patamares do interflúvio sub-tabular do Corumbataí-Ribeirão Claro, tomou proporções relevantes, atingindo as médias e baixas vertentes dos vales. Assim, nos estudos realizados pelo IPT/DAEE, (1989, apud ZAINE, 2000), assim como no Plano Diretor (RIO CLARO, 1992,

apud ZAINE, 2000), há relatos de erosões e voçorocamentos, predominantemente instalados na orla da ocupação urbana.

As características físicas do sítio urbano, acima mencionadas, colaboram para as dificuldades de escoamento das águas pluviais as quais, por diversas vezes, provocam problemas de enchente. Assim, por ocasião da atualização do Plano Diretor

do município, essa questão mereceu destaque. Dessa forma, desenvolveram-se um conjunto de procedimentos técnicos, a seguir resumidamente apresentados, visando obter um conjunto consistente de dados sobre a drenagem urbana que possibilitasse traçar diretrizes para futuras ações mitigadoras dos problemas identificados.



Figura 3 – Parque do Lago Azul, cabeceira do Córrego da Servidão.

3 Metodologia

Os dados levantados tiveram como eixo guia as disposições constantes na Resolução CONAMA 369 (BRASIL, 2006).

Considerando essas questões, o ponto de partida para o levantamento dos dados foi à rede hidrográfica da área urbana de acordo com as unidades sócio-ambientais, as quais foram definidas considerando a proposta de Carvalho e Braga (2005) (Figura 4). Tais unidades foram delimitadas considerando-se a compartimentação do sítio urbano a partir da macro-drenagem natural, compatibilizada com os elementos estruturadores de ordem antrópica, como o sistema viário local e regional (avenidas, rodovias e ferrovias), bem como o zoneamento funcional. Desse modo, a unidade I foi delimitada considerando-se a bacia do córrego da servidão, a rodovia Washington Luiz e o eixo ferroviário; a unidade II, a bacia do rio Corumbataí e o limite do eixo ferroviário; a unidade III, considerando a bacia do Ribeirão

Claro e o Distrito Industrial; a unidade IV, a partir da bacia do Ribeirão Claro e o limite do eixo ferroviário; a unidade V, a bacia do rio Corumbataí, até o limite com a rodovia Washington Luiz. As sub-unidades foram delimitadas a partir das sub-bacias, compatibilizadas com a hierarquia do sistema viário local e o abairramento, numa perspectiva de se agruparem unidades de vizinhança.

Em cada unidade foi aplicado um roteiro para levantamento das causas dos problemas identificados a partir do corpo d'água principal de cada bacia, bem como de alguns dos tributários considerados importantes para o manejo da drenagem local. Esse roteiro foi publicado por Moruzzi, Cunha e Braga (2008), contudo convém lembrar alguns dos seus princípios norteadores.

Assim, considerando a resolução CONAMA 369 (BRASIL, 2006) e as inter-relações inerentes entre os cursos fluviais e os terrenos circunvizinhos, os dados foram

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 88-100, jul./dez. 2009

levantados a partir de três principais categorias:

1 *Os cursos d'água.* Os dados coletados para cada curso d'água presente em cada unidade sócio-ambiental referiam-se tanto as obras existentes, como canalização, retilinização, pontos de lançamento de esgotos, captação de água, como sobre a dinâmica do fluxo.

2 *As áreas de preservação permanente.* Foram levantadas informações sobre as áreas estipuladas por lei e aquelas que efetivamente existem, ou seja, que apresentam cobertura sob domínio da vegetação natural. Além disso, avaliou-se o tipo de impacto produzido sobre tais áreas quando estas já se encontravam desprovidas

da vegetação natural. Tal avaliação contemplou principalmente o tipo de uso (comercial, residencial, industrial) existente neste terreno.

3 *As vertentes.* Dominantes em área, precisam ser avaliadas tanto no que se refere a morfologia (declive, comprimento, forma) como no que se refere a constituição (litologia e solos). Ainda faz-se necessário analisar tais informações integradamente às ações de uso e ocupação que sobre estas ocorrem. Assim, é importante caracterizar as condições de ocupação, distinguindo o tipo de ocupação (residencial, comercial, industrial) e o tipo de infra-estrutura (vias de circulação, sistemas de drenagem já existentes).

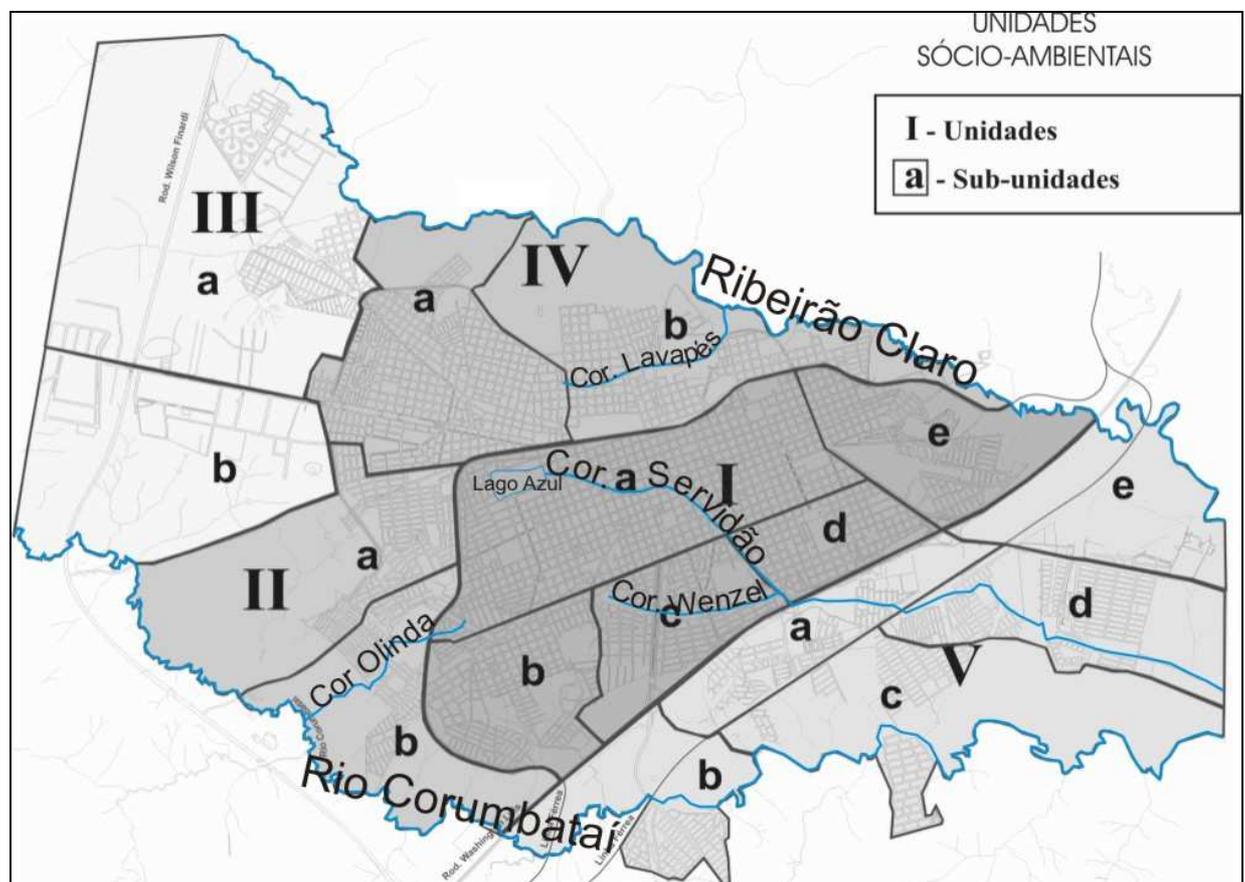


Figura 4 – Unidades sócio-ambientais da área urbana de Rio Claro – SP.

A partir do levantamento de tais dados, feito predominantemente em campo, foi possível identificar os principais problemas diretamente e indiretamente relacionados à drenagem urbana, existentes em cada unidade sócio-ambiental. De posse destes dados, foi elaborada uma matriz de resultados na qual, para cada unidade sócio-ambiental (definida também pela macro-drenagem natural), apresentam-se os

problemas e suas possíveis causas. A partir da análise destes, foram traçados elementos norteadores que no futuro podem subsidiar um plano específico para a drenagem urbana.

4 Resultados

O levantamento de dados realizado permitiu verificar que na área urbana de Rio

Claro, ocorrem três categorias principais de impactos derivados da ineficiência do sistema urbano de drenagem. Estas categorias referem-se aos aspectos espaciais de tais impactos. Dessa forma, a ineficiência do sistema urbano de drenagem reflete-se tanto diretamente no espaço urbano, como indiretamente nas áreas circunvizinhas e, ainda, por espaços mais amplos, a partir da contaminação das águas dos cursos fluviais. Assim, as três categorias de impactos são apresentadas a seguir.

a) *Impactos Diretos*. Provocam inundações urbanas devido à impermeabilização do solo que gera alterações no ritmo e na quantidade de água que atinge os fundos dos vales. Muitos desses vales estão canalizados e recobertos por avenidas que ficam tomadas por ocasião dos eventos chuvosos. Em outras situações, tem-se a ocupação irregular das planícies de inundação dos rios como fator determinante destes eventos de inundações urbanas.

b) *Impactos Indiretos*. Causam fenômenos erosivos de diversos graus de intensidade. Assim, principalmente nas áreas peri-urbanas, a energia da água pluvial, fruto do escoamento superficial na área impermeabilizada, colabora com a gênese feições erosivas lineares que se caracterizam por estágios variados de desenvolvimento, desde sulcos erosivos a extensas voçorocas.

c) *Impactos na Qualidade da Água*. São vinculados à contaminação das águas fluviais, devido a ligações clandestinas de esgoto, e a contaminação das águas pluviais devido a depósitos irregulares de lixo e a atividades de mineração a céu aberto.

Esses impactos ocorrem nas mais diversas unidades sócio-ambientais como relatado, sinteticamente, a seguir.

A **Unidade I** (Figura 4) caracteriza-se por abarcar o setor central do espaço urbano rioclareense. Assim, nesta unidade registram-se, principalmente, ocorrências vinculadas a inundações, ocupação urbana de vales fluviais e processos erosivos. Marcada pela densa urbanização do interflúvio plano entre o rio Corumbataí e o Ribeirão Claro, as enchentes e inundações, estão associadas à impermeabilização do solo, a canalização dos canais de drenagem e ao declive suavizado. Exemplo significativo condiz com a Avenida Visconde do Rio Claro, sobreposta ao Córrego da Servidão (Figura 3), inundada em períodos de chuvas torrenciais. Associa-se a este fenômeno a presença do Parque do Lago Azul, cabeceira de drenagem do

Córrego da Servidão, tratando-se de uma área deprimida circundada pela urbanização, concentrando todo o escoamento pluvial oriundo das vertentes impermeabilizadas.

Nesta mesma Unidade encontram-se problemas referentes à ocupação urbana em vales fluviais. Exemplo disto representa o Córrego Wenzel, que sofre conseqüências da atividade urbana, com depósitos de lixo e entulho em suas margens, assoreamento do canal de drenagem, além de um voçorocamento, associado a um antigo canal pluvial, alterado pelo aterramento da área para a construção de um conjunto de edifícios.

A **Unidade II** constitui-se em setor urbano que engloba terrenos que drenam diretamente para o rio Corumbataí (Figura 4), abarcando, portanto, vertentes mais íngremes, as quais são entrecortadas por canais de primeira ordem, afluentes diretos do mencionado rio. As principais ocorrências registradas na Unidade II estão relacionadas à ocupação urbana dos vales fluviais, processos erosivos e conseqüente assoreamento de tais cursos, aterramento de áreas deprimidas, além de cavas de extração de argila. O Córrego Olinda apresenta uma ocupação urbana relativamente intensa em suas margens, sofrendo processos erosivos consideráveis, fruto da perda vegetacional e da ocupação irregular. Este fato provoca o assoreamento do leito fluvial por materiais provenientes de tais processos erosivos, assim como entulhos oriundos da urbanização (Figura 5).

O aterramento de áreas deprimidas pode ser representado pela Lagoa seca do Chervezon, que além de aterrada, encontra-se ocupada por uma área de lazer e circundada pela urbanização, havendo dificuldades para a infiltração das águas pluviais devido à impermeabilização do solo, promovendo o escoamento excessivo de água drenada para a área deprimida.

Com relação às cavas de extração de argila nesta Unidade, foram identificadas algumas destas na estrada para Jacutinga, que se encontram recém abandonadas, apresentando informes de regularização pelo DPMN e CETESB, tendo lençol d'água aflorante em meio a processos erosivos instalados.

A **Unidade III** caracteriza-se por abarcar parte do interflúvio tabular entre o rio Corumbataí e o Ribeirão Claro e, em sua maior extensão, vertentes que se dirigem diretamente ao segundo curso mencionado. Para a Unidade III foram identificadas

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 88-100, jul./dez. 2009

ocorrências relacionadas aos processos erosivos, ao assoreamento dos canais de drenagem e à ocupação das margens de lagoas e vales fluviais. Destaca-se, quanto aos processos erosivos, o voçorocamento instalado no Bairro Mãe Preta (Figura 6), que embora tenha passado por tentativa de controle erosivo com a implementação de vegetação, encontra-se, atualmente, em processo de expansão, onde ocorrem depósitos irregulares de lixo e entulho, além

do assoreamento do canal de drenagem a jusante.

Outra ocorrência refere-se à ocupação irregular em área de várzea do Ribeirão Claro, principalmente na Vila Industrial. Também se registrou tal ocupação na área circundante a Lagoa do Cacareco, onde, apesar de ainda existir vegetação natural, ocorre o acúmulo de lixo e entulho nas bordas, assim como algumas construções vinculadas a um posto de combustível.

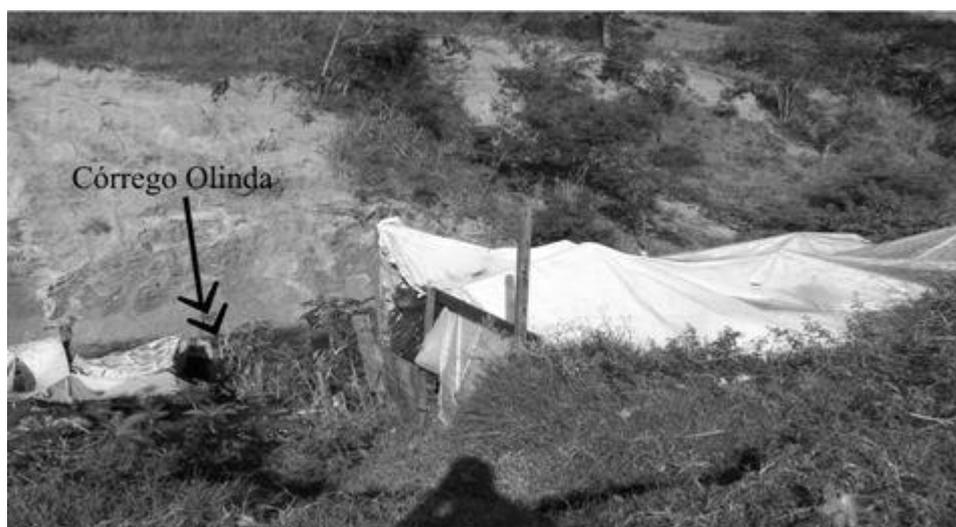


Figura 5 – Ocupação e feições erosivas na margem do Córrego Olinda.

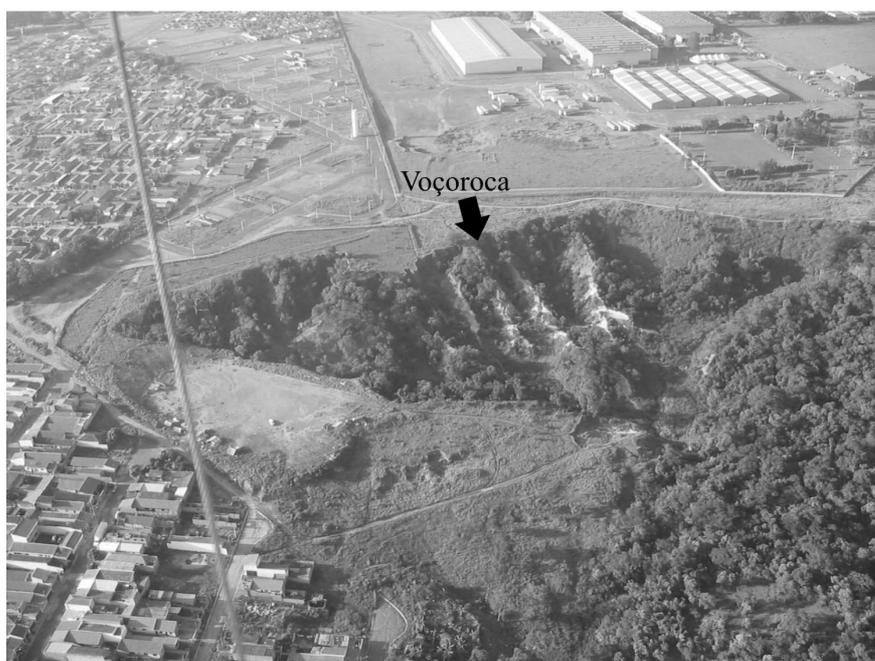


Figura 6 – Voçoroca no bairro Mãe Preta – Foto de Edmilson Lima.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 88-100, jul./dez. 2009

A **Unidade IV** caracteriza-se por vertentes recortadas por canais de primeira ordem que se constituem em afluentes diretos do Ribeirão Claro. Esta unidade apresenta ocorrências semelhantes à unidade anterior, somando-se a estas, enchentes e inundações. Tal fenômeno está associado à ocupação urbana em área de várzea do Córrego Lavapés, canalizado e sobreposto pela Avenida Ulisses Guimarães, ocorrendo freqüentemente o solapamento do asfalto nas proximidades da entrada da Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”.

Outro agravante relaciona-se a ocupação urbana no vale fluvial do Ribeirão Claro, em sua margem direita, pelos Bairros Cidade Nova e Jardim Conduta. Esta ocupação, nas proximidades da Estrada

antiga para Santa Gertrudes com os trilhos da ferrovia, causa, em um afluente do Ribeirão Claro, processos acentuados de retomada erosiva, relacionados a um antigo voçorocamento a montante.

Outro processo erosivo instalado que merece destaque refere-se ao voçorocamento do Jardim Bandeirantes, que apresenta obras que visam o controle do processo erosivo através da implementação de terraços e vegetação, além de caixas de contenção (Figura 7) de água de superfície. Constatou-se, porém, a necessidade de reativação destas caixas, como também a instalação de vegetação de porte arbóreo nos terraços, hoje apenas cobertos por gramíneas, onde já se encontram instalados alguns sulcos erosivos.



Figura 7 – Caixas de contenção desativadas na voçoroca do bairro Jardim Bandeirantes.

Já a **Unidade V**, que engloba todo o setor interfluvial sul, sofre as conseqüências da ocupação urbana nos vales fluviais, sobretudo com enchentes e inundações, processo ativo de erosão linear, assim como extrações de minerais em cavas ativas e desativadas.

Diante de tais considerações, destaca-se que o avanço da urbanização, devido à localização e eixo de expansão da

área urbanizada, apropria-se do vale fluvial do Corumbataí e seus afluentes. Exemplos disso registram-se nos bairros Jardim Novo e Jardim Guanabara, que representam casos de ocupações irregulares no vale do Córrego da Servidão (Figura 8). Situação semelhante ainda encontra-se na transição dos bairros Jardim Palmeiras e Jardim Nova Rio Claro, os quais ocupam o vale do Corumbataí, no setor sudoeste do espaço urbano.



Figura 8 – Avanço da urbanização em direção ao Córrego da Servidão no bairro Jardim Novo.

Acrescentam-se ainda setores do Jardim Bonsucesso (Figura 9), instalados em área de várzea de um afluente do Corumbataí, cuja vegetação típica de áreas alagadas é invadida por construções. Devido

à apropriação urbana nas áreas de várzea, registram-se setores de enchentes e inundações. O caso do bairro Jardim Nova Rio Claro, próximo ao vale do Corumbataí, também ilustra esta situação.



Figura 9 – Expansão do bairro Jardim Bonsucesso sobre área de inundação de afluente do rio Corumbataí.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 88-100, jul./dez. 2009

Quanto aos processos erosivos lineares, estes geram sulcos e voçorocamentos. Os sulcos são encontrados em abundância nas vertentes direcionadas ao vale do Corumbataí no Jardim Nova Rio Claro. Os processos de voçorocamento ocorrem nas proximidades da antiga estrada para Ipeúna e no Jardim Paulista.

A voçoroca da antiga estrada para Ipeúna, instalada na cabeceira de um afluente do rio Corumbataí, esculpida em sedimentos da Formação homônima, apresenta, em sua proximidade bem como na transição da vertente com terraços do rio Corumbataí, vários sulcos erosivos, os quais demonstram a tendência de expansão desse processo erosivo.

Já a voçoroca do Jardim Paulista, localizada nas proximidades de uma antiga cava de mineração de argila, vinculada também a Formação Corumbataí, atualmente, constitui-se em espaço para depósito de lixo e entulho. Esta apresenta ainda obras de concreto armado que visam à quebra de energia da água, porém, tal

contenção não tem refreado o processo de perda do material superficial.

Como mencionado anteriormente, encontra-se uma antiga cava de extração de argila no Jardim Paulista, como também na estrada Rio Claro/Piracicaba, em direção ao distrito de Assistência. A primeira comporta-se atualmente como depósito de lixo e entulho, com processos erosivos instalados em sua borda. Já a segunda, encontra-se ainda em estágio de atividade.

Por fim, de modo geral, constata-se que as áreas periurbanas são mais afetadas pelos impactos relatados, contudo não se podem ignorar as questões relacionadas às inundações registradas no interior do espaço urbano, vinculadas, principalmente, a canalização dos cursos d'água, a impermeabilização do solo e ao declive suave deste terreno.

O Quadro 1 apresenta os impactos mais relevantes detectados em cada unidade sócio ambiental, assim como algumas diretrizes que foram utilizadas na elaboração do Plano Diretor do município.

Quadro 1 – Síntese dos resultados para cada unidade sócio-ambiental. (Continua)

Unidade Sócio-Ambiental	Impacto(s)	Possíveis Causas	Diretrizes
I	<ul style="list-style-type: none"> - Inundações urbanas; - Indício de contaminação das águas pluviais. - Processos erosivos lineares na sub-bacia do Córrego Wenzel. 	<ul style="list-style-type: none"> - grande área impermeabilizada; - canalização do córrego da Servidão; - elementos de drenagem sub-dimensionados ou inexistentes, criando problemas erosivos; - ligações clandestinas de esgoto sanitário; 	<ul style="list-style-type: none"> - avaliação, manutenção e ampliação do sistema de drenagem com capacidade insuficiente; - realização de projetos e obras de Drenagem Urbana tais como galerias, reservatórios de detenção ou demais alternativas tecnológicas; - traçar estratégias de gestão urbana que permitam o aumento, no futuro, de áreas verdes e permeáveis; - incentivo para a retenção de água pluvial em lotes e loteamentos públicos e privados; - fiscalização e atualização do cadastro das ligações do sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário e drenagem urbana;
II	<ul style="list-style-type: none"> - Excessivo transporte de solo e processo erosivo avançado comprometendo o sistema de macro-drenagem no canal do córrego Olinda e adjacências. 	<p>Grande volume de água drenada desembocando em trecho sem controle de velocidade ou dispositivos de proteção das margens e fundo do canal. Além disso, verificaram-se indícios de ligação clandestina de esgoto sanitário na rede pluvial bem como um embrião de ocupação indisciplinada das várzeas do Corumbataí, podendo contribuir com a inundação ribeirinha (de várzea) bem como com o incremento dos picos de vazão a jusante afetando diretamente as Unidades I e V.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - manutenção do sistema de macro-drenagem visando conter solapamento do córrego Olinda; - promoção e incentivo da recuperação e conservação das margens do córrego Olinda; - promoção e incentivo da criação de parques lineares e espaços livres públicos; - realização de projetos de micro-drenagem visando conter a velocidade da água no sistema viário local; - fiscalização de ligações clandestinas de esgoto no sistema de drenagem; - em caso de expansão de área residencial, evitar arruamentos no sentido do declive.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 88-100, jul./dez. 2009

Quadro 1 – Síntese dos resultados para cada unidade sócio-ambiental. (Conclusão)

Unidade Sócio-Ambiental	Impacto(s)	Possíveis Causas	Diretrizes
III	- Ocupação irregular e deposição de resíduos. -Voçoroca peri-urbana.	Com vocação industrial, em seu conjunto, ainda não sofre de problemas agudos de drenagem, devido fundamentalmente a baixa densidade de ocupação verificada. A voçoroca existente, hoje, não recebe mais as águas pluviais que são devidamente realocadas pelo sistema de drenagem urbano. Contudo, ainda continua em expansão devido aos processos de sub-superfície. Verificou-se ainda problema de ocupação e deposição irregular de resíduos na Lagoa Seca (Cacareco) podendo agravar a drenagem local e constituir foco de vetores em potencial.	- incentivo para a retenção de água pluvial, pisos drenantes, etc.; - em caso de expansão de área residencial e/ou industrial, determinar uma porcentagem de terreno de cada lote a ser mantida sem impermeabilização; - elaborar projeto de recuperação para áreas degradadas pelos processos de erosão, em especial para o bairro Mãe Preta. - controle da deposição de resíduos.
IV	- Erosão, Voçorocas e ocupação das várzeas.	Ocupação irregular, alto índice de impermeabilização em áreas íngremes e transporte de sedimentos.	- realização de projetos de micro-drenagem visando conter a velocidade da água no sistema viário local; - manutenção do sistema de macro-drenagem visando conter o processo erosivo; - limitação do uso e ocupação do solo nas áreas íngremes
V	- Indícios de problemas erosivos	Área de expansão recente, entretanto com ocupação de áreas íngremes e de várzea, alto índice de impermeabilização e transporte de sedimentos.	- realização de projetos de micro-drenagem visando conter a velocidade da água no sistema viário local; - promoção e incentivo da criação de parques lineares e espaços livres públicos; - limitação/restricção do crescimento urbano nas áreas íngremes;

As diretrizes apresentadas visam orientar as estratégias de gerenciamento urbano de cada unidade sócio-ambiental. Estas foram construídas visando auxiliar a implementação de regulamentações para cada setor do espaço urbano. Além disso, apontam caminhos para solucionar e/ou minimizar os problemas identificados.

5 Considerações Finais

O levantamento dos dados constitui-se em fase essencial para o desenvolvimento do diagnóstico das condições de drenagem urbana. Tal levantamento deve ser detalhado, necessitando-se, portanto de várias incursões a campo.

A análise dos dados coletados permitiu inferir a causa dos principais impactos identificados - enchentes,

assoreamentos, erosões, poluição, etc - considerados para cada unidade sócio-ambiental, as quais foram definidas de acordo com a proposta de Carvalho e Braga (2005) que consideram as atividades sócio-econômicas da área e as microbacias com suas respectivas redes hidrográficas. Assim, tais unidades mostraram-se como espaço de análise propício para o diagnóstico realizado.

O diagnóstico da área urbana de Rio Claro deve ser analisado ainda considerando-se que este espaço é naturalmente de difícil drenagem. Os dados naturais, apresentados na caracterização da área, já apontam para a existência de setores, hoje urbanizados, de difícil escoamento. Dessa forma, sobre tais condições naturais, o uso urbano tem que necessariamente ser realizado de forma mais cuidadosa.

Neste contexto, é essencial que, além de informações como as aqui

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.11, n. 2, p. 88-100, jul./dez. 2009

apresentadas, sejam realizadas complementações que propiciem a criação de um plano de drenagem urbana o qual viabilizará a solução definitiva dos problemas apontados. Para isso, a sistemática de

levantamento de dados e de análise apresentada neste artigo constitui-se em ferramenta importante de diagnóstico da drenagem urbana.

6 Urban drainage elements diagnostic of Rio Claro: bases for director plan.

Abstract: *The management of urban areas must consider aspects related to urban drainage, especially in hot and humid environments, and such aspects must be incorporated on director plans. This is quite important in urban areas settled on natural fragile hydro-geomorphologic areas. So, the main aim of this paper was to present the urban drainage diagnostic made in Rio Claro (SP-Brazil), discussing its results and evaluating the applied techniques. Further, there were presented some proposed directions based on such analyses. From the obtained results it was possible to verify that the impacts caused by the inefficient urban drainage system incur on direct and indirect effects such as flood, erosion and water quality degradation.*

Key-words: Urban drainage. Urban flood. Impacts. Urban planning. Social-environment units.

7 Referências

BRASIL. CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução n. 369**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 28/03/2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res36906.xml>>. Acesso em: set. 2008.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5de outubro de 1988. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>>. Acesso em: mar. 2010.

BRASIL. Lei Federal n. 10.257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade). **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: mar. 2010.

CARVALHO, P. F. de, BRAGA, R. Zoneamento ambiental urbano por micro-bacias hidrográficas: estudo de viabilidade em cidade média no Estado de São Paulo -BR In: I Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional Integrado e Sustentável, 2005, São Carlos - SP. **Anais**. São Carlos-SP: EESC-USP, 2005. v.1. p.1 – 12.

MORUZZI, R. B., CUNHA, C. M. L., CONCEICAO, F. T., PEREIRA, L. H. Efeito da ocupação urbana e de obras de drenagem sobre o hidrograma de cheia de uma bacia urbanizada: O caso da bacia do Córrego da Servidão em Rio Claro (SP). **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.1, p.1 - 12, 2009.

MORUZZI, R. B.; CUNHA, C. M. L. da; BRAGA, R. Proposta de roteiro para coleta de dados visando o diagnóstico da drenagem urbana em planos diretores municipais. **Revista Ambientia**, 2008 (no prelo).

PENTEADO ORELLANA, M.M. Estudo Geomorfológico do Sítio Urbano de Rio Claro (SP). **Notícias Geomorfológicas**. Campinas, v.21, n.42, 1981, p.23-56

RIO CLARO, Município. **Plano Diretor do Município de Rio Claro**. Rio Claro: Prefeitura Municipal, 2007.

ZAINE, J.E. **Mapeamento geológico-Geotécnico por Meio do Detalhamento Progressivo: Ensaio de Aplicação na Área Urbana de Rio Claro (SP)**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – IGCE, UNESP, Rio Claro, 2000.