

INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO DA BACIA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM NAS ÁREAS DE DESAGUE E NO RISCO DE DESLIZAMENTOS

Eduardo Pretto Freitas¹ & Afonso Peche Filho²; Jener Fernando Moraes Leite³

⁽¹⁾ Pesquisador; Centro de Engenharia e Automação; Instituto Agrônomo de Campinas, Rod. Gabriel Paulino Bueno Couto, km 65, Jundiaí (SP), CEP 13201-970, Caixa Postal 26, peche@iac.gov.br; ⁽²⁾ Pesquisador IV; Centro de Solos e Recursos Ambientais; IAC, Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas (SP), CEP: 13020-902; ⁽³⁾ Mestrando; Centro de Engenharia e Automação; Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Rod. Gabriel Paulino Bueno Couto, km 65, Jundiaí (SP), CEP 13201-970, Caixa Postal 26.

Resumo – O trabalho utiliza base de dados disponibilizados no zoneamento agroambiental da bacia do rio Jundiaí-Mirim, Jundiaí-SP. O objetivo foi identificar e analisar a degradação em áreas da causadas por enxurradas além de identificar áreas com risco em locais urbanizados. Foi determinada o fluxo de drenagem que cruzado com o mapa de uso e ocupação do solo permitiu obter uma carta de estudos. No limite de 200m além do perímetro urbano foram obtidos 43 pontos de análise. Através destes pontos foi realizado a comparação entre uma imagem local de 2002 e uma de 2009; permitindo elencar diferenças relativas aos efeitos dos impactos ambientais causados pelo fluxo de água. Outra análise cruzando a carta de declividade e a carta do perímetro urbano permitiu selecionar áreas cujo declive ultrapassou a 18%, consideradas como áreas de risco de deslizamento. A metodologia permitiu uma análise detalhada da influência da urbanização nas áreas da bacia. É evidente a influência da urbanização na magnitude dos processos erosivos em 41,86% dos pontos analisados. Há evidências de que as estradas não pavimentadas próximas a pontos de desague agravam os problemas gerados pela enxurrada. A análise permitiu considerar 22,34% como área de risco de desabamento na parte urbanizada da bacia.

Abstract – This work is used the database available on agro-environmental zoning of basin Jundiaí-Mirim, Jundiaí-SP. The goal was to identify and analyze the degradation in areas of the basin caused by floods and identify areas at risk of landslides in urbanized places. It was determined the drainage flow that crossed with map of land use and soil allowed to obtain a letter of studies. In the limit of 200 meters beyond the city limits were obtained 43 points of analysis. Through these points was comparete a local image of a 2002 and 2009, allowing differences to list on the effects of environmental impacts caused by water flow. Another analysis of slope across the letter and the letter allowed to select the urban areas where slope exceeds 18%, considered as areas at risk of sliding. The methodology allowed a detailed analysis of the influence of urbanization in the watershed areas. Clearly the influence of urbanization on the magnitude of erosion in 41.86% of the points analyzed. There is evidence that unpaved roads near ready outflow aggravates the problems created by water flow. The analysis allowed to consider as an area of 22.34% risk of collapse in the urbanized part of the basin.

Palavras-Chave – SIG, avaliação, gestão ambiental

¹ Mestrando; Centro de Engenharia e Automação; Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Rod. Gabriel Paulino Bueno Couto, km 65, Jundiaí (SP), CEP 13201-970, Caixa Postal 26. edu_pretto@yahoo.com.br

² Pesquisador IV; Centro de Engenharia e Automação; Instituto Agrônomo de Campinas, Rod. Gabriel Paulino Bueno Couto, km 65, Jundiaí (SP), CEP 13201-970, Caixa Postal 26, peche@iac.gov.br

³ Pesquisador IV; Centro de Solos e Recursos Ambientais; IAC, Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas (SP), CEP: 13020-902 Pesquisador IV; Centro de Solos e Recursos Ambientais; IAC, Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas (SP), CEP: 13020-902

INTRODUÇÃO

O uso e ocupação desordenada do solo em bacias hidrográficas resultam em impactos ambientais que afetam diretamente a qualidade de vida do homem. As intervenções alteram a dinâmica dos processos ecológicos e com a urbanização ocorre remoção da cobertura vegetal e a impermeabilização de extensas áreas. Um grande fluxo de água quando formado pela ocupação desordenada e associado as formações do relevo podem resultar em inundações, voçorocas e processos erosivos nas margens e na calha fluvial.

Para GÓMEZ et al. (2004), a prática habitual adotada para a drenagem urbana, durante anos era a condução da água para fora da cidade o mais rápido possível. Para isso os rios urbanos foram canalizados e as galerias projetadas para receber toda a água do escoamento superficial. Como resultado destas práticas de drenagem os rios perderam sua riqueza natural e sua capacidade de resposta perante as enchentes, enquanto as galerias tornaram-se incapazes de absorver a quantidade de água adicional proveniente das novas zonas de desenvolvimento urbano.

Segundo TUCCI e COLLISCHON (2000) “a drenagem urbana tem sido desenvolvida dentro de premissas estruturais onde impactos são transferidos de montante para jusante sem nenhum controle de suas fontes”.

De acordo com CARDOSO NETO (1998) “drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana”. Para atingir este objetivo a precipitação somada a água da rede pública são captadas pelos elementos do sistema de micro drenagem (meio-fio, sarjetas, bocas-de-lobo, poços de visita, galerias, condutos forçados, estações de bombeamento e sarjetas) e conduzidas ao sistema de macro drenagem (fundo de vale).

PERALEZ MOMPALER (2008) aponta que a drenagem convencional ao resolver os entraves de acúmulo de água na cidade, gera outros problemas referentes à qualidade e ao impacto gerado no meio receptor causado pelo escoamento superficial. As atividades humanas geram, tanto na atmosfera quando na superfície das cidades, uma série de contaminantes difusos: pesticidas, metais, hidrocarbonetos, matéria orgânica, nutrientes, sedimentos, microorganismos patogênicos, dentre outros. Durante os eventos de precipitação estes elementos, através da rede urbana de drenagem, são conduzidos aos corpos hídricos, onde provocam, por exemplo, depleção do oxigênio dissolvido na água (possibilitando a mortandade de espécies e redução da oxidação natural de elementos tóxicos), elevação da concentração de nutrientes (risco de eutrofização) e acúmulo de elementos tóxicos (probabilidade de bioacumulação na cadeia trófica).

As alterações no uso do solo têm provocado modificações no comportamento das bacias hidrográficas e conseqüentemente nos canais fluviais, alterando o aporte de sedimentos e de água doce nas embocaduras dos rios, bem como a qualidade das águas costeiras. A degradação se dissipa pela bacia hidrográfica e além dos problemas ambientais eleva o custo de tratamento de água para cidades que as capturem para abastecimento público.

Além da inundação outros problemas são gerados pelo acúmulo de água, a evacuação rápida e grande vazão das águas urbanas provoca a erosão nos pontos de deflúvio, transferindo o problema de um lugar para outro. A persistência dos processos erosivos degrada o solo e implica na redução do potencial de regeneração natural da vegetação, pois remove sua camada fértil, além de transparecer sinais de abandono e aspecto visual negativo para a área. Em alguns locais, somadas as condições de solo, fluxo e vazão, o desague pode ser tão violento e intenso que a enxurrada em alta velocidade provoca o deslocamento de enorme massas de solo, formando grandes cavidades em extensão e em profundidade, as voçorocas.

Para sanar estes problemas são realizadas onerosas intervenções de canalização e contenção do fluxo de água, que na maioria das vezes causam mais destruições do meio natural, além de tornarem-se obsoletas com o passar do tempo, se o padrão de urbanização for mantido.

Segundo IBGE (2010), um em cada três municípios um tem áreas de risco urbanas que demandam drenagem especial. Um grupo de 1.933 municípios (34,7% do total) relatou ter, em seu perímetro urbano, áreas de risco que demandam drenagem especial. Os municípios declararam que as áreas sem infraestrutura de drenagem (62,6%) e as áreas de baixios (depressões) sujeitas a inundações e/ou proliferação de transmissores de doenças (56,8%) eram os tipos mais encontrados e suscetíveis a riscos no perímetro urbano. No Sudeste, percentual significativo (56%) era atribuído às áreas em taludes (planos inclinados que limitam aterros) e encostas sujeitas a deslizamentos, configuração geomorfológica peculiar aos estados desta região.

Embora no Brasil as inundações ocorram com frequência, os deslizamentos são a principal causa das mortes por desastres naturais, correspondendo a 60%. “De 2008 a 2011, cerca de 2.500 pessoas morreram devido a deslizamentos de terra. As inundações estão em segundo lugar como responsáveis pelas mortes e as descargas elétricas em terceiro” (Seped/MCT, 2011).

Nas áreas da bacia do Rio Jundiá-Mirim em Jundiá – SP grupos de baixa renda residem em condições precárias, ocupando terrenos próximos de cursos d’água ou em terras de alta declividade.

O objetivo deste trabalho é identificar e analisar a degradação em áreas da bacia causadas por enxurradas além de identificar áreas com risco de deslizamentos em locais urbanizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho é utilizada a base de dados disponibilizados no zoneamento agroambiental da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim (Moraes, 2002), que abrange uma área de 11750 ha, distribuída em três municípios (Jundiaí, Jarinú e Campo Limpo Paulista). As formas do relevo são compostas por colinas e morros altos, de topos convexos com vales de entalhamento médio (40 a 80 metros) e dimensão interfluvial média (750 a 1750 metros). As declividades dominantes entre 10 e 30%, que podem chegar a 60% em algumas vertentes. A precipitação pluviométrica anual atinge valor total de 1450 mm. O totais pluviométricos nos meses mais secos (junho, julho e agosto) atingem a faixa de 34 a 55 mm e durante os meses mais chuvosos (dezembro, janeiro e fevereiro), encontram-se entre 139 e 235 mm mensais. No período chuvoso, todos os meses apresentam quedas máximas diárias acima de 80 mm (Figura 1).

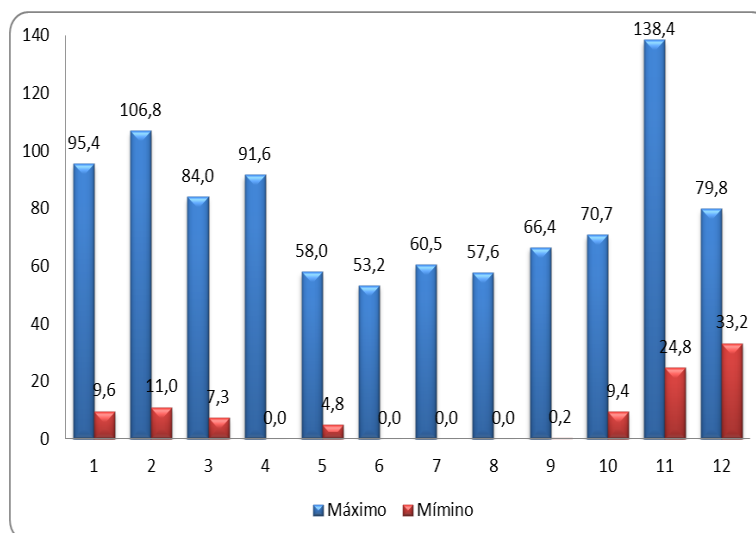


Figura 1 - Valores extremos mensais de queda máxima diária de chuva, no período de 1977-97, na Estação Experimental de Jundiaí.

A partir do modelo digital de elevação da bacia do Rio Jundiaí-Mirim, foi determinada o fluxo de drenagem da água que cruzado com o mapa de uso e ocupação do solo permitiu obter uma carta de estudos.. Nesta carta foi delimitado um limite de 200m além do perímetro urbano no sentido de destacar as áreas de estudo. Foram obtidos 43 pontos de análise que caracterizaram áreas onde a linha de fluxo de água coincide com o limite urbano. Através destes pontos de referência foi realizado a comparação entre uma imagem local de 2002 e uma de 2009; uma análise de cenários permitiu elencar diferenças relativas aos efeitos dos impactos ambientais causados pelo fluxo de água. Outra análise cruzando a carta de declividade e a carta do perímetro urbano foram selecionadas áreas cujo declive ultrapassou a 18%, sendo estas consideradas como áreas de risco de deslizamento.

Os dados obtidos são georeferenciados na Projeção UTM, Fuso-23 e Datum SAD 69 e trabalhados no software ILWIS, no formato Raster (matricial) com pixel de 5m². Os Planos de Informação (PI) utilizados são o *mapa de uso e ocupação do solo*, *rede hidrográfica*, *modelo digital de elevação* (MDE) e *classes de declividade do solo* propostas por Lepsch, et al. (1983) que as divide em 0-3%, 3-6%, 6-9%, 9-12%, 12-20%, 20-45%, 45-100% (Moraes, 2002)

Na plataforma SIG foram realizados quatro procedimentos. Primeiro é gerado um mapa de fluxo direcional natural da água pelo comando FlowDirection sobre o *MDE*, esta operação compara o valor do pixel central com o valor de 8 vizinhos e encontra o menor valor que também deve ser menor que o valor do pixel central, gerando um mapa de saída que contém sentidos de fluxo de N (ao Norte), NE (para o Nordeste), etc. Com base no mapa de direção de de fluxo da água é realizado o segundo procedimento pelo comando FlowAccumulation, que conta o número total de pixels que drenam para pontos mais baixos do relevo e representa a direção natural de drenagem do local. O terceiro procedimento se baseia na equação $\text{FlowAccumulation200} = \text{FlowAccumulation} \geq 200$, onde os pixels com valor superior ou igual a 200 são isolados e considerados verdadeiros, como cada pixel tem 5m² estes os valores representam uma área com captação de água de 1000m², nesta operação são formadas linhas que representam os “caminhos da água”, ou seja, a formação de enxurradas. Para localizar os pontos de desague da area urbana, são pontuados os cruzamentos das linhas de fluxo d’água com PI-Urbano e rede hidrográfica, estes locais representam as áreas possivelmente degradadas pela enxurrada. Ainda no SIG foram avaliados visualmente o aspecto ambiental da imagem nos pontos criados, que também foram transferidos para o Google Earth para análise e comparação da paisagem entre os anos 2002 e 2009.

Para determinação porcentagem de ocupação sobre diferentes tipos de solo foi utilizado um cruzamento com o mapa pedológico da bacia gerado por Moraes (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 43 pontos de desague urbano (Figura 2), sendo que 18 pontos (41,86%) apresentavam processos acentuados de erosão.

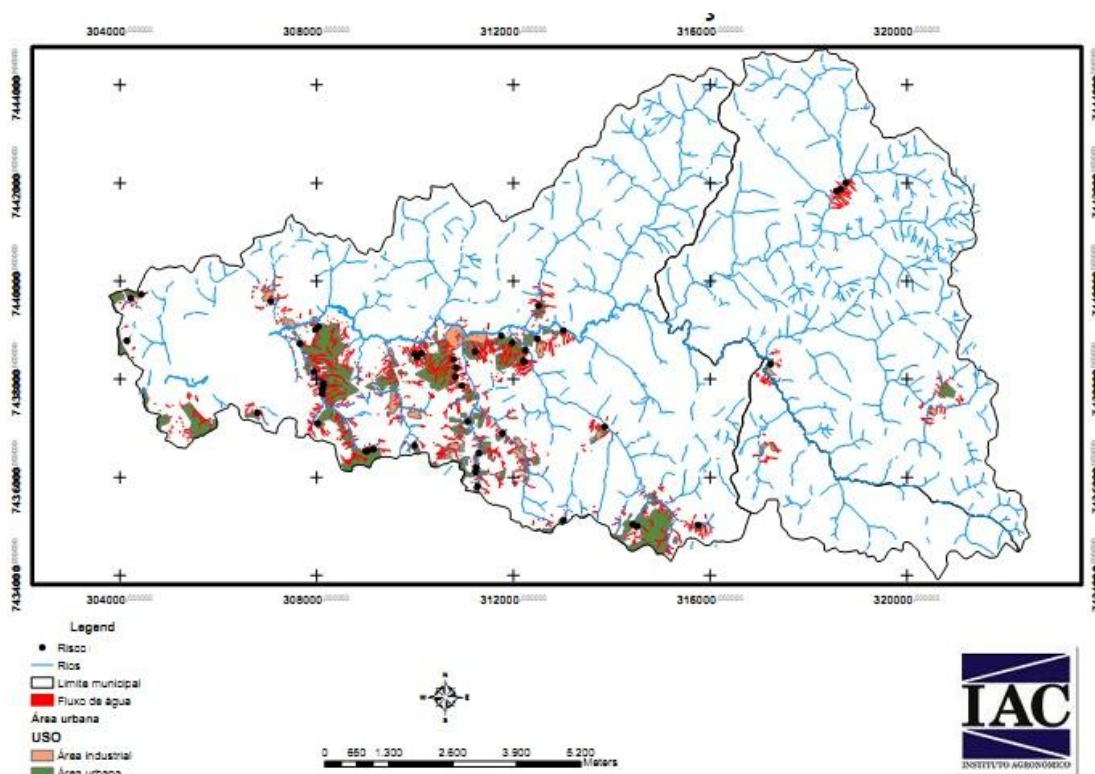


Figura 2. Mapa de pontos de deságue das áreas urbanas e com potencial de degradação do ambiente na Bacia do Rio Jundiá Mirim, SP.

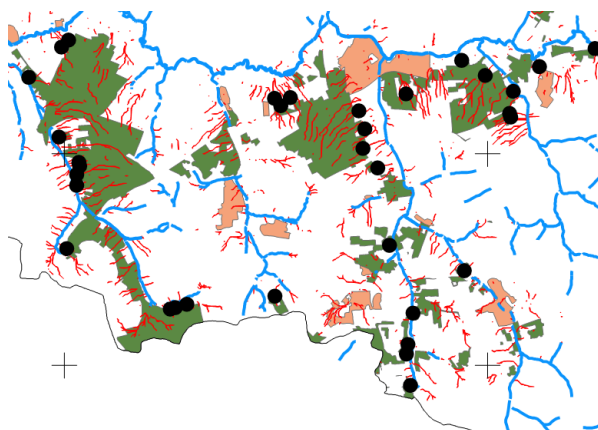


Figura 3. Recorte com detalhamento da Figura 2.

Em 12 locais os pontos estavam próximos a lagos e cursos d'água, estes não apresentaram problemas de erosão devido obras de canalização e própria impermeabilização do solo até o curso d'água, porém são possíveis pontos de poluição pontual pelos resíduos advindos da enxurrada (Figura 4). A análise periódica da água nestes locais seria uma ferramenta de monitoramento de qualidade da água e bem estar dos que vivem em seu entorno, além de ser um indicador da necessidade de políticas de educação e gestão ambiental local, como exemplo a identificação de um ponto que constantemente tem alta carga de clorofórmios fecais advindos de um bairro com baixa infraestrutura de saneamento básico ou um ponto que apresenta acúmulo de lixo devido a problemas de coleta.



Figura 4. Pontos diretos de desagüe urbano em corpos hídricos na Bacia do Rio Jundiá-Mirim, SP.

A área urbana analisada possui 476,93 ha e grande parte desta é impermeabilizada e nos meses mais chuvosos as quedas diárias facilmente ultrapassam 80 mm, isto gera um aumento significativo no volume de água. Apesar da não identificação de problemas em alguns dos pontos de desagüe ocorre drástico aumento da vazão nos cursos de água e consequentemente sua degradação por erosão marginal e/ou assoreamento, esta situação é agravada quando o curso é canalizado em algum trecho sem receber estruturas de contenção (diques e tanques) para atenuar a velocidade da água. Desta forma os problemas gerados em um ponto são transferidos a jusante, afetando sua resiliência (Figura 5).



Figura 5 - Áreas depauperadas pela vazão, assoreamento, perda da vegetação ciliar e aumento de aguapé na Bacia do Rio Jundiá – Mirim, SP.

Quando os pontos das imagens do ano 2002 a 2009 foram comparadas nenhum local apresentou melhores condições ambientais, entretanto 11 locais apresentaram significativa degradação. A figura 6 mostra que sulcos de erosão foram formados com o passar dos anos pelo fluxo de água advindo da área urbana.



Figura 6 - Ponto de desagüe urbano com formação de sulcos de erosão (circundados em vermelho) entre 2002 e 2009 na Bacia do Rio Jundiá – Mirim, SP.

A figura 7 apresenta estradas que favorecem o fluxo da água e agravam os problemas de erosão laminar do local.



Figura 7 - Ponto de desagüe urbano em processo de erosão laminar na Bacia do Rio Jundiá – Mirim, SP.

No ponto referente a figura 8, novamente uma estrada (área marcada em laranja) favorece a enchurrada que removeu vegetação arbustiva e resultou em solo exposto. A erosão marginal levou a remoção da vegetação ciliar e exposição do rio (área delimitada em vermelho). A área marcada em preto é a primeira a receber a força da enchurrada da area urbana e se encontra mais degradada pela presença de solo exposto e formação de sulcos de erosão em relação as áreas a jusante.



Figura 8 – Área degradada pelo desagüe urbano demarcadas em laranja e preto. Erosão fluvial marginal na área delimitada em vermelho na Bacia do Rio Jundiá – Mirim, SP.

A água ao passar sempre pelo mesmo local escava o solo formando sulcos que gradativamente ficam maiores e podem resultar em voçorocas com dimensões que dificultam e oneram ainda mais a recuperação de uma área degradada. A figura 9 apresenta aumento das áreas com solo exposto, perda de vegetação e formação de sulcos profundos.



Figura 9 - Formação de sulcos profundos na área delimitada em vermelho na Bacia do Rio Jundiá – Mirim, SP.

Próximo a um ponto de desague urbano foi possível observar um lago que foi totalmente sedimentado entre 2002 e 2009, fator que chamou a atenção para outros lagos da bacia (Figura 5), que geralmente apresentam tom marrom devido aos sedimentos (Figura 11).



Figura 10 - Lago totalmente sedimentado entre 2002 e 2009.



Figura 11 - Lago com coloração marrom devido a carga de sedimentos.

A evolução das tecnologias no sensoriamento remoto e o geoprocessamento facilitam cada vez mais estudos ambientais, com softwares livres, base de dados constantemente melhoradas, que

permitem múltiplas utilizações e avaliações que correlacionam diferentes informações. Os resultados especializados integram fatores de ordem social, econômica e ambiental e portanto uma ferramenta para a criação estratégias e planejamento em diversos níveis.

A urbanização modifica os processos ecológicos naturais, a formação do relevo local aliada aos altos índices pluviométricos do local contribui para potencializar os efeitos da impermeabilização do solo, a enxurrada gerada ao atingir áreas sem capacidade para absorver tal energia sofre um gradativo processo de degradação que impede a estabilização natural do ambiente e pode modificar significativamente a paisagem, como exemplificado na figura 5.

A área urbana de risco é de 106,55 ha (22,34%) que se encontra em declividades superiores a 18%. Mais de 80% destas áreas íngremes se encontram em Cambisolos, solos rasos que se encharcam rapidamente e favorecem a ocorrência de deslizamento. A figura 12 mostra as áreas que devem ser melhor avaliadas quanto ao risco de deslizamento na bacia.

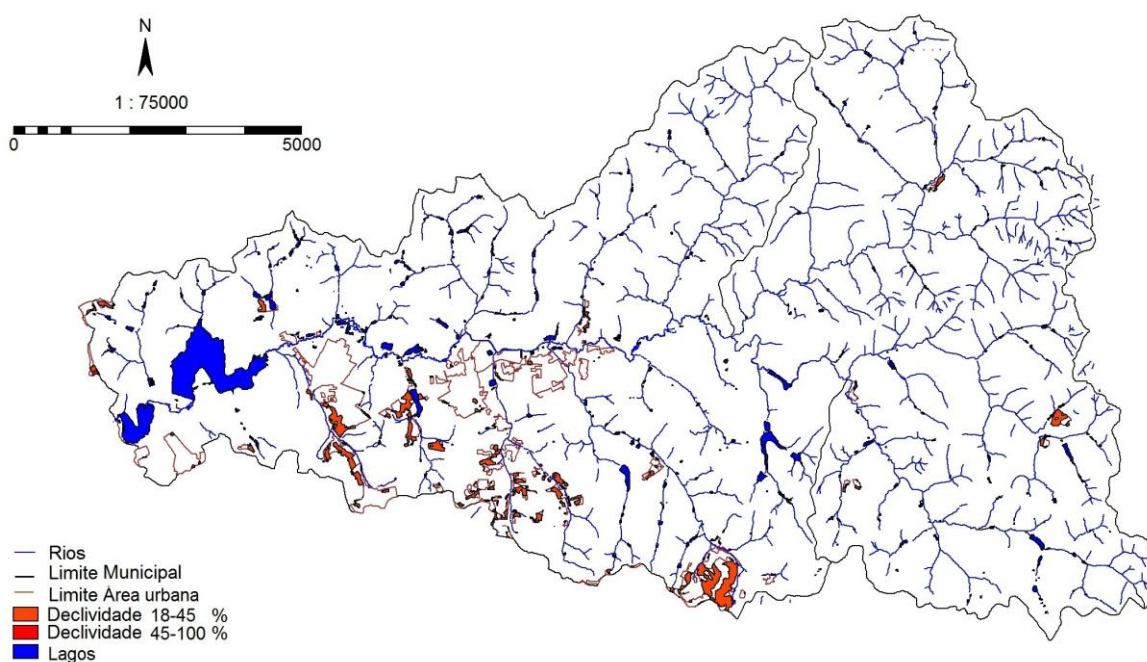


Figura 12 - Áreas com risco de deslizamento na bacia do Rio Jundiá-Mirim.

CONCLUSÕES

A metodologia permitiu uma análise detalhada da influência da urbanização nas áreas da bacia.

É evidente a influência da urbanização na magnitude dos processos erosivos em 41,86% dos pontos analisados.

Ha evidências de que as estradas não pavimentadas próximas a pontos de desague agravam os problemas gerados pela enxurrada.

A análise permitiu considerar 22,34% como área de risco de desabamento na parte urbanizada da bacia.

BIBLIOGRAFIA

IBGE:

http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1691&id_pagina=1; Acesso em 01/06/2011.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI Jr., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1983. 175p.

GÓMEZ M. et al. *Curso de Hidrología Urbana*. 5ª ed. Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha. 389 pp. 2004.

TUCCI, C.E.M., COLLISHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. In: MARQUES, D.M.L.M (Org.). *Avaliação e controle da drenagem urbana*. Porto Alegre: Ed. Universidade, 2000. p. 119 – 127.

CARDOSO NETO, A. *Sistemas urbanos de drenagem*. Florianópolis, Laboratório de Drenagem do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. 19 p. Disponível em <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdminis-trativas/CDOC/ProducaoAcademica.asp>>. Acesso em: 10 Mai. 2011.

PERALEZ MOMPARDLER, S. et al. *Sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds) em la hidrogeología urbano*. In: Simposio de Hidrogeología, 9, 2008, Elche, Alicante. Anais... Elche: Grupo Tragsa, 2008. Disponível em <<http://www.dina-mar.es/pdf/6-if-suds-2.pdf>>. Acesso em: 12/05/2011.

MORAES et al. Disponível em: < <http://www.iac.sp.gov.br/Projetos/ProjJNDMirim>>. Acesso em 01 abril. 2011.

(Seped/MCT, 2011): <http://www.mct.gov.br>; Acesso em 01/06/2011.

Anexo – Coordenadas dos pontos de desagüe urbano.

Pontos	Coordenada UTM -23
1	304440,69; 7439722,82
2	304224,90; 7439646,66
3	304180,62; 7438502,06
4	306796,03; 7437317,92
5	307068,07; 7439583,19
6	307975,64; 7439007,14
7	307664,65; 7438721,54
8	307950,25; 7438155,20
9	308143,38; 7437882,77
10	308117,99; 7437800,26
11	308117,99; 7437698,71
12	308915,26; 7436603,12
13	309050,95; 7436543,63
14	309158,84; 7436575,36
15	308022,79; 7437102,13
16	309996,99; 7436476,49
17	311272,27; 7435807,42
18	311234,19; 7436105,71
19	311246,89; 7436194,56
20	311297,66; 7436492,85
21	311780,01; 7436892,69

Pontos	Coordenada UTM -23
22	310961,29; 7437863,73
23	310821,66; 7438047,78
24	310783,58; 7438403,19
25	312217,92; 7438346,07
26	312243,31; 7438587,24
27	311754,62; 7438879,19
28	312490,83; 7438822,07
29	313855,36; 7437032,32
30	313019,18; 7435130,75
31	314428,14; 7435041,89
32	315754,58; 7435029,20
33	312511,45; 7439494,26
34	311979,70; 7438736,87
35	309985,49; 7438523,23
36	317226,26; 7438301,09
37	318646,62; 7441871,11
38	318760,86; 7442004,39
39	318564,12; 7441833,03
40	311073,39; 7437133,49
41	310839,79; 7438231,28
42	311230,54; 7438562,56
43	313016,03; 7438991,71