

Identificação das áreas de risco à enchente do Município de Rio Azul-PR com base no estudo da sub-bacia urbana do Rio Faxinal**Identification of areas at risk of flooding in the Municipality of Rio Azul-PR based on the study of the urban sub-basin of the Faxinal River**

DOI:10.34117/bjdv6n6-455

Recebimento dos originais: 08/05/2020

Aceitação para publicação: 19/06/2020

Jerusa Tonete Felde

Engenheira Ambiental da LL Ambiental Ltda
Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO-PR
Endereço: Rua Júlia Gonçalves Ribeiro, número 32- Boqueirão, Guarapuava, PR
E-mail: jerusatfelde@hotmail.com

Paulo Costa de Oliveira Filho

Doutor em Ciências Florestais pela UFPR
Professor Associado do Depto de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO-PR
Campus Irati – Eng. Gutierrez, Irati, PR
E-mail: paulocostafh@gmail.com

Jéssica Sieklicki

Engenheira Ambiental da LL Ambiental Ltda
Rua Julia Gonçalves Ribeiro, 32 - Boqueirão, Guarapuava, PR
E-mail: jessica.sieklicki@gmail.com

Evandro Teleginski

Engenheiro Florestal e mestre em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO/PR
Instituição: IAT - Instituto Água e Terra (Paraná / Brasil)
Rua Caetano Zarpellon, nº 19 –Irati, PR
E-mail: evandrotlg@iat.pr.gov.br

Leonardo Heraki

Engenheiro Florestal e mestrando em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO/PR
Campus Irati – Eng. Gutierrez, Irati, PR
E-mail: leonardoheraki@outlook.com

Ramon de Sousa Leite

Engenheiro Florestal e mestre em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO/PR e Doutorando em Engenharia Florestal pela UFPR
Avenida Lothário Meissner, 632 - Jardim Botânico, Curitiba, PR
E-mail: leite_ramon@outlook.com

RESUMO

O uso e a gestão inadequada dos recursos ambientais e o aumento da urbanização contribuíram para a degradação ambiental, devido aos inúmeros conflitos no uso da terra nas áreas urbanas e rurais. Esses conflitos estão entre as principais causas de efeitos de erosão, assoreamento, inundações e secas. Portanto, o uso de estudos e a ocupação do solo caracterizam-se por serem decisivos na gestão territorial das cidades, no planejamento e nos estudos ambientais. Este estudo teve como objetivo utilizar estudos e ocupação do solo, a análise morfométrica na modelagem numérica de solo e análises espaciais relacionadas à bacia hidrográfica do Faxinal, identificar e mapear as áreas mais suscetíveis a inundações na bacia. As imagens de satélite foram utilizadas GeoEye e RapidEye, com resolução espacial de 50 cm e 5 m, respectivamente, o que permitiu a identificação de áreas da bacia e uma grande degradação da área urbana. mapas de classificação do uso da terra foram produzidos na bacia, bem como níveis de capacidade de infiltração. A partir de dados de altimetria, foram produzidos modelos numéricos e seus mapas, altimetria e inclinação. A caracterização morfométrica proporciona eficiência no entendimento da dinâmica hidrológica do mesmo aplicada à questão das inundações. Por fim, considerando a inclinação dos dados, distâncias das margens, uso e ocupação do solo, níveis de capacidade de infiltração no solo e a cota da última grande enchente de 2014, obteve-se a identificação das áreas mais suscetíveis à ocorrência de enchentes como bem como a representação espacial dessas áreas de risco para auxiliar no gerenciamento e planejamento do município.

Palavras-chave: uso e ocupação do solo, bacias hidrográficas, morfometria, SIG, uso e ocupação do solo, bacias hidrográficas, morfometria, SIG.

ABSTRACT

The use and inadequate management of environmental resources and increasing urbanization has contributed to environmental degradation due to the numerous land use conflicts in both urban and rural areas. These conflicts are among the main causes of erosion, silting, floods and drought effects. Therefore, the use of studies and occupation of the land are characterized by being decisive in the territorial management of cities, planning and environmental studies. This study aimed to use studies and land occupation, the morphometric analysis in numerical modeling of ground and spatial analysis related to river basin of Faxinal, identify and map the areas most susceptible to flooding in the basin. Satellite images were used GeoEye and RapidEye with spatial resolution of 50 cm and 5 m respectively, which allowed the identification of areas of the basin, and a great breakdown of the urban area. land use classification maps were produced in the basin as well as infiltration ability levels. From altimetry data numerical models and their maps altimetry and slope were produced. The morphometric characterization provides efficient in understanding the hydrological dynamics of the same applied to the issue of flooding. And finally, considering data slope, distances from the banks, use and occupation of land, infiltration capacity levels in the soil and the quota of the last great flood of 2014, it obtained the identification of the areas most susceptible to the occurrence of floods as well as the spatial representation of these risk areas to assist in management and planning of the municipality.

Key words: use and land occupancy, watersheds, morphometry, GIS, land use and occupation, hydrographic basins, morphometry, GIS.

1 INTRODUÇÃO

Sánchez (2008) afirma que o ambiente é o meio de onde a sociedade retira os recursos naturais, e também é o meio de vida, cuja integridade depende de funções ecológicas fundamentais à vida. Isto posto, surge a necessidade da conservação dos recursos naturais, pois estes dão suporte à vida. Porém, a má utilização e gestão desses recursos têm contribuído para a degradação ambiental e o surgimento de inúmeros conflitos de uso da terra, que segundo Rocha e Kurtz (2001) podem existir tanto na zona rural, como na urbana. Na zona rural, destacam-se os conflitos em áreas de cultivos agrícolas ou pastagens desenvolvidas em áreas impróprias. Já na zona urbana, Tucci (2003) afirma que a propensão à urbanização provoca grandes impactos no meio ambiente, como aumento do nível e frequência das inundações. Os conflitos de uso da terra estão integrados entre os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamentos de rios, de barragens e açudes, enchentes e efeitos das secas. A Política Nacional de Recursos Hídricos apresenta dentre seus objetivos, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Para que isso ocorra de maneira adequada, deve-se considerar toda a bacia hidrográfica como unidade de gestão e planejamento. Liu (2007) afirma que as bacias hidrográficas são o ambiente onde ocorrem as relações entre as atividades humanas e recursos naturais, portanto são consideradas unidades básicas de planejamento, recuperação e conservação. As bacias hidrográficas formam sistemas coerentes

a partir de suas características hidrológicas e ecológicas, e os mapas digitais de topografia e hidrografia são relevantes para a elaboração de planos de desenvolvimento regional. A gestão integrada das bacias hidrográficas leva em consideração aspectos físicos, aspectos relacionados com as dinâmicas natural, econômica e social, parâmetros hidrológicos, geomorfológicos, estudos de uso e ocupação da terra da bacia, entre outros. As análises morfométricas são importantes para se reconhecer a espacialidade da bacia hidrográfica e as características da área e da rede de drenagem, permitindo a compreensão da dinâmica ambiental local e regional. Todos esses parâmetros quando combinados, interferem nos eventos de enchentes, um problema que preocupa muitas cidades e que podem causar danos às populações urbanas. Scoti e Menezes (2014) afirmam que áreas suscetíveis à inundação são áreas de perigo e devem ser avaliadas e identificadas. Para os autores, há uma demanda por trabalhos que delimitem essas áreas, trabalhos estes que tem o suporte de muitas tecnologias que permitem o mapeamento das áreas inundáveis e das áreas de risco à inundações, esses tipos de trabalhos são auxiliados por geotecnologias como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) que são ferramentas muito úteis para mapeamentos. Por exemplo, o trabalho de Guimarães e Da Penha (2009), no qual delimitaram as áreas sujeitas à inundação da cidade de Muriaé-MG, e realizaram simulações de enchentes sobrepostas ao mapeamento cadastral

da cidade, obtendo um mapa de risco de inundação, o qual pôde ser útil para o planejamento urbano da cidade. E também o trabalho de Sirangelo (2014) que pôde correlacionar os dados morfométricos, extraídos a partir de dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), de sete bacias hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba/Rio Grande do Sul, à episódios de inundação e enxurrada, do período de 1991 a 2010. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência de fenômenos de inundação no município de Rio Azul- PR considerando a suscetibilidade natural, os registros de ocorrência, o uso e ocupação da terra, e a análise morfométrica da subbacia do Rio Faxinal para obter um mapeamento das áreas de risco à inundação.

2 METODOLOGIA DE TRABALHO

A área de estudo localiza-se no município de Rio Azul-PR, na Mesorregião Sudeste do Estado. O Município de Rio Azul está dividido em 08 bacias hidrográficas, todas inseridas na bacia hidrográfica do Rio Iguaçu. A Bacia Hidrográfica do Rio Faxinal abrange a área urbana do Município de Rio Azul, e está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira. A primeira fase do trabalho consistiu no estudo de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Rio Faxinal, na qual a interpretação das imagens orbitais foi feita em duas etapas: primeiramente a interpretação da área urbana e posteriormente da área rural, ao final, estas foram unidas. As Imagens orbitais da área urbana foram adquiridas pela prefeitura de Rio Azul e cedidas à UNICENTRO através de um convênio firmado entre ambas as partes. As imagens orbitais GeoEye foram disponibilizadas com altíssima resolução espacial (50 cm). Foi utilizado o aplicativo de domínio público SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, versão 5.3, e para facilitar a identificação das classes de uso e ocupação do solo definidas neste trabalho, foram consultadas imagens panorâmicas em 360° no nível da rua do Google Earth Street View, que utiliza técnicas de fotogrametria de superfície para simular a sensação de estar dentro das ruas de uma cidade. O mapeamento foi realizado utilizando a interpretação cognitiva e a técnica de vetorização sobre tela através da fotointerpretação em ambiente computacional, seguido de uma associação dos polígonos às classes pré-definidas. Ao final utilizando o software SCARTA 5.3 foi elaborado um mapa temático contendo a distribuição das classes identificadas no ambiente estudado, suas respectivas áreas e ocupação percentual em relação à área total.

A classificação da área rural da Bacia Hidrográfica do Rio Faxinal deu-se por meio da interpretação de imagens orbitais do satélite Rapideye do ano de 2011, de alta resolução espacial (5m), as quais foram obtidas da plataforma Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente – MMA. A aquisição destas imagens deu-se principalmente devido ao alto custo das imagens GeoEye para a área de toda bacia hidrográfica. A interpretação das imagens foi feita por meio de uma classificação

híbrida, a qual foi desenvolvida primeiramente realizando uma classificação semiautomática, seguida da edição desta através da interpretação cognitiva e a técnica de vetorização sobre tela. A escolha das classes exigiu uma análise das imagens e verificação das possibilidades de mapeamento. Apesar do detalhamento ser bem mais intenso dentro dos limites da área urbana devido tanto às características do tecido urbanizado quanto das imagens de maior resolução utilizadas para esta finalidade, tanto para área urbana quanto para a área rural da bacia, foram pré-definidas as mesmas classes, de modo que ao final as classificações pudessem ser unidas e calculadas as áreas e porcentagens de ocupação de cada classe para a área total da bacia. Em seguida as 8 classes pré-definidas foram agrupadas em um gradiente de capacidade de infiltração de água no solo representado por 3 novas classes, a bacia foi reclassificada e calculadas as novas taxas para cada uma das classes. A segunda parte do trabalho compreendeu a elaboração do modelo numérico do terreno (MNT) de modo a obter uma representação contínua dos fenômenos altimetria e declividade, a fim de retirar informações da leitura direta do MNT e de informações de seus produtos como os mapas de altimetria e declividade. Os mapas foram gerados a partir do fatiamento do modelo numérico em classes escolhidas em função da amplitude dos valores do atributo contido no MNT, a amplitude foi conhecida por meio de uma análise geoestatística exploratória. Para o mapa altimétrico foram definidas classes com intervalos de 50 m. Já para o mapa de declividade foram utilizadas as classes de relevo da EMBRAPA (em porcentagens), e em graus para comparação com a Lei de Proteção da Vegetação Nativa de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), obtendo assim, a caracterização do relevo da bacia hidrográfica do rio faxinal. A fim de se conhecer as características físicas da bacia hidrográfica do Rio Faxinal e de sua rede de drenagem, foram analisados alguns índices morfométricos. Como os índices são profundamente dependentes da escala do mapa utilizado, ressalta-se que foram utilizadas cartas topográficas com escala de 1:50.000, e os índices analisados foram: Relação de Relevo (Rr), Densidade de Drenagem (Dd), Índice de Circularidade (Rc), Coeficiente de Compacidade (Kc), Coeficiente de Manutenção (Cm), Índice de Sinuosidade (Is), Fator Topográfico (Ft), Densidade Hidrográfica, Extensão do Percurso Superficial, Declividade Média da Bacia (em %) e Tempo de concentração (tc). Por fim, de modo a combinar as informações obtidas nas diferentes fases do trabalho, e alcançar o objetivo proposto foram realizadas análises espaciais. Por meio do cruzamento vetorial dos layers de declividade, níveis de capacidade de infiltração, distância das margens do rio e cota da última grande cheia no município (2014) foi possível realizar consultas ao banco de dados gerado pela operação, para as quais foram estabelecidas regras que determinaram o conjunto de condições a serem satisfeitas para o mapa temático de saída, o qual representa as áreas mais suscetíveis a enchentes no Município de Rio Azul.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para Garcez e Alvarez (1988) o tipo de cobertura e uso da terra da bacia hidrográfica é um fator de grande influência no comportamento hidrológico da mesma. Os autores afirmam que a tendência cada vez mais acentuada de ocupação de todas as partes do globo pelo homem, de modo a usufruir dos recursos naturais disponíveis, faz com que o tipo de cobertura

da terra de uma bacia se modifique, em alguns casos consideravelmente, alterando as características da bacia ao longo do tempo. Segundo Alves (2004) em áreas urbanas um dos fatores mais notáveis da modificação no comportamento hidrológico é a contribuição das áreas impermeáveis nas enchentes. A cobertura da terra por vegetação aumenta mais ou menos a capacidade de infiltração, tal fator depende da espécie, estágio de desenvolvimento da vegetação e do tratamento dado ao terreno no caso de áreas cultivadas. A determinação da fração ocupada por florestas e campos cultivados na bacia somada a fatores geológicos condicionam a rapidez do escoamento superficial, as taxas de evaporação e a capacidade de retenção, influenciando no balanço hídrico da bacia hidrográfica, de modo que o cálculo da porcentagem dessas áreas é essencial. Portanto, a quantificação das áreas mais impermeáveis e as mais permeáveis na bacia hidrográfica é de grande importância, pois auxiliam no planejamento da mesma, e ajudam na tomada de decisões por parte do poder público. Os valores percentuais obtidos das áreas correspondentes a cada classe de uso e ocupação da terra encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Áreas e percentuais das classes de uso e ocupação da terra. Classe Área (km²) Área (%)

Solo exposto	0,84	4,14	Áreas construídas	0,52	2,56	Ruas e calçadas	0,56	2,76	Vegetação arbórea	8,84	43,54	Vegetação arbustiva	0,54	2,66	Vegetação rasteira	3,36	16,55	Cultura agrícola	5,64	27,78	Corpos d'água	0,0047	0,023	Área total	20,3	100
--------------	------	------	-------------------	------	------	-----------------	------	------	-------------------	------	-------	---------------------	------	------	--------------------	------	-------	------------------	------	-------	---------------	--------	-------	------------	------	-----

Fonte: Autores

Apesar das áreas construídas, ruas e calçadas ainda há uma quantidade considerável de vegetação arbórea, arbustiva e vegetação rasteira. As florestas regularizam as vazões dos cursos d'água e as matas amortecem as pequenas enchentes, não contribuem muito em casos de enchentes catastróficas, mas são eficazes na diminuição da erosão dos solos (GARCEZ e ALVAREZ, 1988). Além de reduzir a variação da vazão ao longo do ano, a interceptação da água pelas florestas tende a retardar e reduzir o pico das cheias (TUCCI, 2004). A importância do ordenamento e monitoramento do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Faxinal está na manutenção da qualidade ambiental da bacia como um todo, na diminuição dos riscos de enchentes e também na manutenção e possível melhoramento da qualidade da água do Rio Faxinal, no qual segundo o PGRH (2011), encontra-se a captação de água para atendimento da população da cidade. A partir do mapa altimétrico

pôde-se observar que a maior parte da área da bacia está inserida entre as altitudes 850 a 900 metros, inclusive a parte urbana do Município. O mapa de declividade do terreno consiste num instrumento de apoio a estudos de potencialidade de uso da terra quando relacionado a outros tipos de dados referentes à topografia, hidrografia, solos, etc. Segundo o PGRH de Rio Azul (2011), o município apresenta relevo pouco acidentado, com grande parte do território com declividades variando entre 0 a 20%. Isto pôde ser constatado para a Bacia Hidrográfica do Rio Faxinal, que teve a maior parte do seu território compreendida nas classes de relevo plano (27,69%), suave ondulado (22,97%) e ondulado (46,34%). A classe correspondente ao relevo forte ondulado foi encontrada em apenas 2,95 % da área da bacia, enquanto que as classes montanhoso e escarpado não foram encontradas.

A Lei 12.651/12 no artigo 4º parágrafo V determina que encostas com declividade superior a 45° são Áreas de Preservação Permanente. Varjabedian e Mechi (2013) afirmam que as APP de Topos de Morro, Montanhas e Serras possuem importantes funções ambientais, pois mantêm os processos ecológicos, preservam e formam novos corredores ecológicos e protegem os mananciais de água das bacias hidrográficas. A Bacia Hidrográfica do Rio Faxinal não possui grandes problemas com relação à preservação de APP em topos de morro com inclinação superior a 45°, visto que as áreas das classes de declividade obtidas em graus na bacia em estudo foram: 20,287km² (0° a 15°), e 0,0347 km² (15.1° a 30°), não havendo declividades iguais ou superiores a 45°. Em geral, as características do relevo da bacia hidrográfica do Rio Faxinal favorecem a ocupação do solo, o parcelamento para fins de loteamento e a implantação de infraestruturas urbanas (PGRH, 2011). Pela análise das declividades na bacia, grande parte do território desta é considerado apto ao uso agrícola, o que justifica grande parte da área total da bacia hidrográfica do Rio Faxinal (27,78%) ser ocupada por culturas agrícolas. Os índices morfométricos explicaram algumas características referentes à bacia hidrográfica do Rio Faxinal, e permitiram a compreensão de parte da dinâmica hidrológica da mesma, como pode-se observar a seguir. A área da bacia hidrográfica é um fator fundamental para definição do potencial hídrico. Esta, quando multiplicada pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia. A bacia hidrográfica do Rio Faxinal possui uma área de 20.3 km², e é considerada uma micro bacia hidrográfica. A área de drenagem de uma bacia hidrográfica é o elemento básico para o cálculo de outras características físicas. Outra característica física importante é a forma da bacia, pois esta interfere no tempo de concentração da bacia. Alguns índices utilizados para o cálculo da forma da bacia são o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade. Como o valor obtido para o índice de circularidade na bacia hidrográfica do Rio Faxinal foi de 0.415, pode-se concluir que a bacia não possui uma forma circular, mas sim um pouco alongada. O coeficiente de compacidade (Kc) representa a relação entre o perímetro da bacia com uma circunferência, e seu valor é sempre maior que 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais circular é a bacia, menor é o Tc e maior é chance

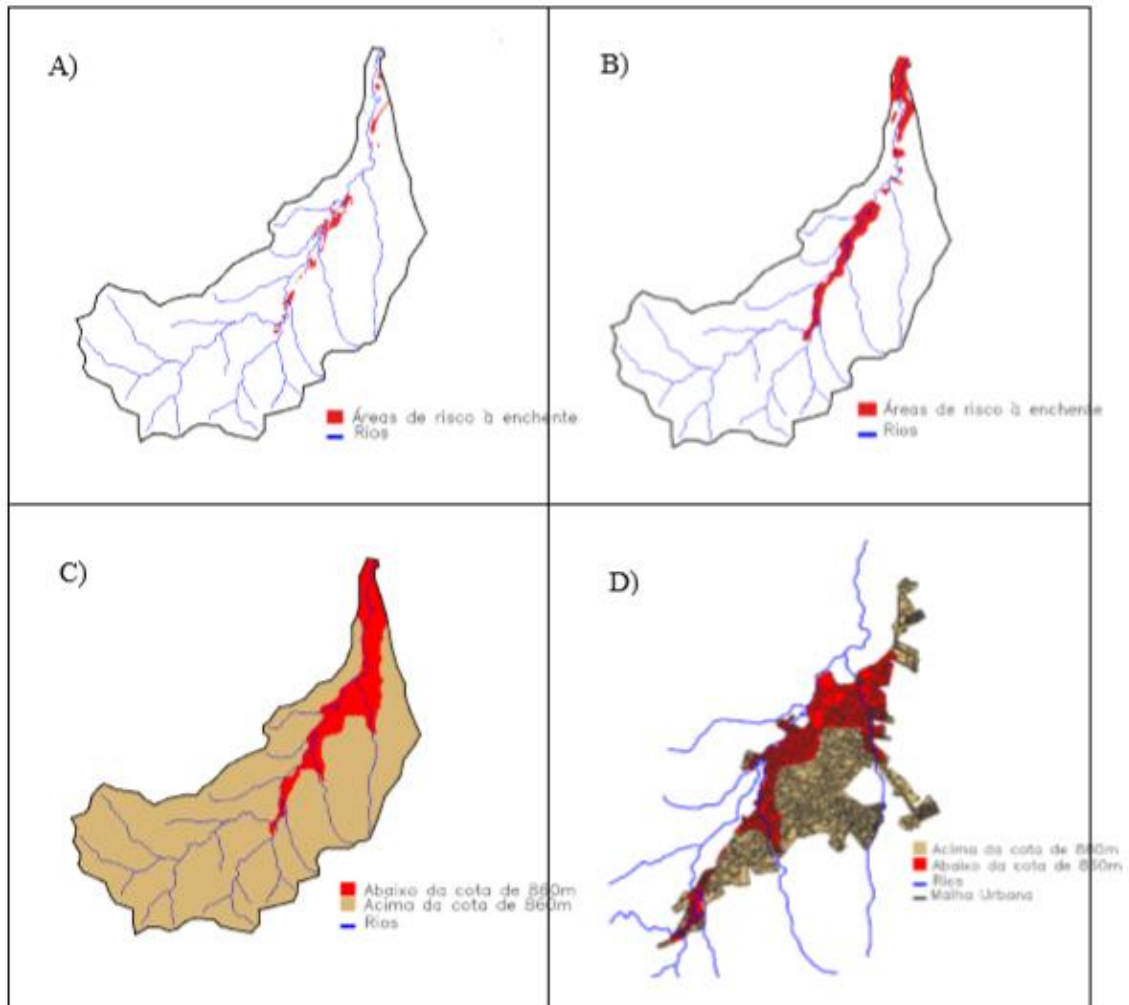
de haver picos de enchentes. O valor obtido desta variável para a bacia em estudo foi de 1.54, o que mostra que, se mantidas constantes outras variáveis, a área não é muito sujeita a enchentes, por ser alongada. Estas duas variáveis morfométricas explicam o médio/alto tempo de concentração obtido para a bacia, de 164,16 minutos. A Densidade de Drenagem é obtida por meio da correlação do comprimento de todos os canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade há um maior escoamento superficial, com isso uma chance maior da formação de canais, e conseqüentemente uma densidade de drenagem mais elevada, já em solos onde há condições melhores de infiltração, ocorre o contrário. Quando há um grande número de cursos d'água em um bacia, o escoamento superficial gerado atinge rapidamente os rios, e pode haver picos de enchente altos. Segundo Villela e Mattos (1975) o índice de densidade de drenagem pode variar de 0,5km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais nas bacias excepcionalmente bem drenadas. O valor encontrado de densidade de drenagem para a bacia hidrográfica do Rio Faxinal foi de 1,83km/km², assim sendo é caracterizada como uma bacia de média/alta densidade de drenagem. A importância da densidade hidrográfica está em representar o comportamento hidrográfico da bacia no que diz respeito à capacidade de gerar novos cursos d'água. Diante disso, para a bacia em estudo obteve-se o valor de 0,886 canais/km² mostrando que a área possui um valor médio/alto de corpos hídricos, chegando a quase 1 corpo hídrico por quilometro quadrado.

O coeficiente de manutenção representa a área mínima necessária em uma bacia para manter em funcionamento um metro de canal de escoamento. Portanto, o valor encontrado foi de 546,45m²/m (ou 0,546km²/km), significando que cada metro de canal fluvial exige uma área mínima de 546,45m²/ para sua manutenção. Nesse sentido, conforme vai ocorrendo a dissecação do relevo, vai diminuindo a área disponível para entalhamento dos canais, determinando uma correlação inversa entre os valores de coeficiente de manutenção com os de densidade de drenagem e densidade hidrográfica. A extensão do percurso superficial representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente. Por conta da relação inversa com a densidade de drenagem, quando o caminho que as enxurradas percorrem desde o interflúvio até o canal é longo, a densidade de drenagem na bacia tende a ser mais baixa. A Extensão do Percurso Superficial (Eps) da bacia do Rio Faxinal encontrada foi de 273m, o que mostra que a distância percorrida pelo escoamento superficial desde o interflúvio até a concentração no canal é média/baixa, fato este que confirma o valor obtido para a densidade de drenagem. O índice de sinuosidade é a relação do comprimento do rio principal e o comprimento de um talvegue, que seria o seu comprimento reto medido a partir do seu leito. Esta variável é controladora da velocidade de fluxo, pois quanto maior a sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo canal no seu caminho à foz, portanto menor a velocidade. O grau de declive do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, visto que quanto

maiores forem os declives, maior será a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo, menor o tempo disponível para a infiltração no solo e maior as perspectivas de picos de enchentes. A Relação de Relevô é a relação entre a amplitude altimétrica de uma bacia e o seu maior comprimento. Desta forma, quanto mais elevados os valores, maior o desnível entre cabeceira e foz e maior a declividade média da bacia. A relação encontrada para a bacia em estudo foi de 0,014, mostrando que o desnível entre a cabeceira e a foz é pequeno, e confirmando que a declividade média da bacia também é pequena. Quanto maior as diferenças de altitude entre as cabeceiras e a seção de desembocadura de um curso d'água, mais intenso será o regime dos escoamentos das águas de chuva e maior o risco da formação rápida de hidrogramas de enchente de curta duração. O valor da variável fator topográfico é diretamente proporcional ao potencial de inundação na foz da bacia hidrográfica. Esse índice é resultado da combinação do índice de circularidade, densidade hidrográfica e a relação do relevo. O fator topográfico obtido para a bacia do Rio Faxinal foi de 0.005157, caracterizado como baixo. Isto é devido ao baixo valor do índice de circularidade e relação de relevo que são diretamente proporcionais ao valor da variável. A partir do cruzamento dos planos de informações de declividade, da análise de proximidade (distâncias das margens do rio), dos níveis de capacidade de infiltração no solo, e das áreas acima e abaixo da cota de enchente do ano de 2014, foi possível obter os locais de maior risco à enchente e mais suscetíveis aos efeitos das mesmas. Na figura 1 (A) podem-se observar as áreas mais suscetíveis considerando distâncias das margens de até 150 metros, declividades de 0 a 3%, níveis de capacidade de infiltração baixo e médio e a cota da última grande enchente (2014) de 860 metros. Esta área de maior risco abrange 0.11km², correspondendo a 0.54% do território da bacia. Já a Figura 1(B) contém a representação espacial das áreas de maior risco caso a impermeabilização do solo seja desconsiderada, e levando em conta as distâncias das margens de até 150 metros, declividades de 0 a 3% e a cota da última grande enchente (2014) de 860 metros, com isto obteve-se uma área suscetível de 0.98 km², ou seja, 4,83% da área total da bacia. A Figura 1(C) representa a área de maior risco à enchente considerando a cota da última grande enchente no Município. Foi realizado um fatiamento do modelo numérico a partir de duas classes, uma considerando as áreas abaixo da cota de enchente (Área de maior risco) e a outra abrangendo as áreas abaixo da cota

de enchente do ano de 2014 (860 metros). Constatou-se que uma área de 2.43km² está mais suscetível a enchentes representando 11.97% da área total da bacia, e área menos suscetível foi de 17.9km² (88,1%). Por fim, a Figura 1(D) mostra um detalhamento da área urbana, a qual de uma área total de 2,44 km² apresenta uma área mais suscetível à enchente de 0.95km² (38,9%) e uma área menos suscetível de 1.49 km² (61.06%).

Figura 1. Áreas de Risco à enchentes considerando-se declividade de 0 a 3%, Distância da margem do rio de 0 a 150m, cota de enchente de 860m e níveis de capacidade de infiltração baixo e médio (A); Áreas de Risco à enchentes considerando-se declividade de 0 a 3%, Distância da margem do rio de 0 a 150m e cota de enchente de 860m (B); Áreas abaixo e acima da cota de enchente do ano de 2014 (C); Área urbana da bacia do Rio Faxinal acima e abaixo da cota de enchente do ano de 2014 (D).



Fonte: Autores

4 CONCLUSÕES

A utilização das imagens GeoEye e RapidEye de resolução espacial de 50 cm e 5m respectivamente, permitiram a identificação das superfícies da bacia hidrográfica, e a obtenção das taxas de uso e ocupação do solo. A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Faxinal permitiu compreender a dinâmica hidrológica da mesma, das

relações das variáveis morfométricas entre si, bem como a análise do conjunto das mesmas sob a temática de enchentes, relacionando com os outros resultados obtidos. A análise espacial permitiu mapear e quantificar as áreas mais suscetíveis à ocorrência de enchentes, levando em conta dados de declividade, distâncias das margens, uso e ocupação da terra, níveis de capacidade de infiltração no solo e a cota da última grande enchente do ano de 2014.

AGRADECIMENTOS

À UNICENTRO, ao CNPq ,à prefeitura de Rio Azul-PR e à EMATER de Irati-PR.

REFERÊNCIAS

ALVES C.A. **Estimativa da área impermeável dentro da bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio (Porto Alegre/RS) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. 137p. Dissertação (Mestrado), PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO. Porto Alegre, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia.** São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1988.

GUIMARÃES, N. A., da PENHA, J.W. Mapeamento das áreas de risco de inundação no município de Muriaé- MG, com a utilização de Sistemas de Informação Geográficas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. **Anais.** Natal: 2009. P. 25-30.

LIU, W.T.H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Campo Grande. Ed. UNIDERP. 2007. 908p.

PGRH - **Plano de Gestão de Recursos Hídricos.** Rio Azul- PR. 2011.

RIBEIRO, G. F. **Estudo dos fatores do meio físico que influenciam a capacidade de infiltração das águas da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Minas Gerais.** Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2010. 96p. Dissertação (mestrado). Mestrado em Geociências, Campinas, 2010.

ROCHA, J. S. M. da., KURTZ, S. M. de J. M. **Manual Integrado de Bacias Hidrográficas.** 4. ed. Santa Maria: Edições UFSM CCR/UFSM, 2001. 302.p

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SCCOTI, A. A. V., MENEZES D. J. **Mapeamento da suscetibilidade e perigo de inundação em Rosário do Sul- RS.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 16. ,2014, Gramado-RS. Mapeamento da suscetibilidade e perigo de inundação em rosário do sul- RS. Gramado: 2014,7 p.

SIRANGELO, F. R.. **Relação entre a ocorrência de inundações e enxurradas e os índices morfométricos das sub-bacias hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba – Rio Grande do Sul, Brasil.** Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.134p.

TUCCI, C.E.M. **Águas urbanas.** In: TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia. **Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.
VARJABEDIAN, R.; MECCHI, A. **As APPs de topo de morro e a Lei 12.651/12.** 14º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental – CBGE, Rio de Janeiro – Brasil, 2013.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.