



INTERFACE
ISSN 2448-2064



232

Análise morfométrica e revitalização da bacia hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas, Poços de Caldas- MG: uma contribuição ao planejamento urbano

Morphometric analysis and revitalization of the Vargens de Caldas watershed, Poços de Caldas (MG): urban planning contribution.

Maria Fernanda de Oliveira Sampaio¹

Universidade Federal de Alfenas
nandaolisampaio@hotmail.com

Marina Elvira Guidi¹

Universidade Federal de Alfenas
marinaguidi@hotmail.com

Clibson Alves dos Santos²

Universidade Federal de Alfenas
clibson.santos@unifal-mg.edu.br

Resumo: A Sub-bacia do Ribeirão das Vargens de Caldas se localiza no município de Poços de Caldas –MG, sendo uma área de crescente expansão urbana e apresenta registros recentes de enchentes e inundações. Diante desse cenário, este estudo teve o intuito de compreender as características naturais e antrópicas da bacia frente ao uso e ocupação do solo urbano, bem como indicar ações estruturais e não estruturais para a revitalização da bacia, conciliando a conservação ambiental e com a função social do ambiente urbano. A análise morfométrica permitiu compreender que o formato circular da bacia e a morfologia suave e ampla dos fundos de vale no contexto urbano da área, favorecerem a retenção das águas fluviais e pluviais. As ações de revitalização ambiental indicadas nesse estudo apresentam uma concepção muito importante em contextos urbanos, por envolver a participação da comunidade no processo de conservação e de apropriação adequada dos ambientes. Indica-se medidas de recomposição vegetal nativa dos ambientes associadas a infraestrutura de lazer, semelhante às propostas dos parques lineares. Os resultados do presente trabalho evidenciam a importância do executivo municipal incluir estudos que compreendam principalmente a vulnerabilidade natural dos terrenos, frente aos diversos tipos de apropriação do solo urbano e rural, para a definição da política de expansão urbana da cidade.

Palavras-chave: Análise morfométrica, enchentes e inundações, Revitalização fluvial.

¹Formada em Ciências Biológicas no Instituto de Ciências da Natureza/Universidade Federal de Alfenas-MG. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro - Alfenas/MG.CEP: 37130-000.

² Professor no Instituto de Ciências da Natureza/Universidade Federal de Alfenas-MG. Av. Jovino Fernandes Sales, 2600, Bairro Santa Clara - Alfenas/MG. CEP: 37130-000.

Abstract: Summary: The stream of the Vargens de Caldas is located in the city of Pocos de Caldas - MG, with an area of growing urban expansion and presents recent records of flooding. This study aimed to understand the natural and anthropic features front basin to the use and occupation of urban land and indicate structural and non-structural actions for the revitalization of the basin, reconciling environmental and social function of the urban environment conservation. The morphometric analysis allows us to understand that the circular shape of the basin and the flat and wide morphology of the valley bottoms in the urban context of the area, favoring the retention of river and rainwater. The environmental revitalization actions indicated in this study have a very important concept in urban contexts, by involving community participation in the process of conservation and proper environments ownership. It's indicated measures of native plant restoration of environments associated with leisure infrastructure, similar to the proposed linear parks. The results of this study show the importance of themaster plan include studies that comprise principally the natural vulnerability of land in front of the various types of urban and rural land ownership, to the definition of urban expansion policy of the city.

Keywords: morphometric analysis, flooding, river revitalization.

INTRODUÇÃO

Conciliar a conservação de recursos naturais com o elevado crescimento populacional, produtivo e urbanístico é um dilema enfrentado por muitas cidades, devido principalmente as questões relacionadas aos recursos hídricos, tanto no que se referente ao controle das águas pluviais, como nos aspectos referentes à disponibilidade quantitativa e qualitativa. Além disso, outras questões como a ocupação irregular de áreas que apresenta risco a inundação ou a movimentos de massa, se constituem em importantes desafios para o planejamento urbano.

Diante da rápida evolução e alteração nos componentes do meio ambiente pelo homem, estudos ambientais se tornam cada vez mais necessários. Sobretudo em bacias hidrográficas, pois, uma vez que o uso da terra é realizado de forma negligente em seu âmbito, há redução de produtividade agrícola, consequências ambientais como erosão hídrica, poluição e assoreamento nos recursos hídricos e vários impactos socioeconômicos (Oliveira e Pinto, 2003).

A análise morfométrica neste contexto aparece como um método que permite identificar áreas naturalmente mais vulneráveis à ocorrência de inundações, permitindo a compreensão da dinâmica da paisagem por meio de uma análise integrada de seus componentes. Através de técnicas de geoprocessamento, principalmente aquelas relacionadas a compreensão da dinâmica hidrológica de bacias hidrográficas, permite apontar potencialidades e restrições ao uso do solo de acordo com suas características naturais, tornando possível a obtenção de uma visão geral da paisagem e dos processos que atuam nela, informações que são fundamentais no planejamento do uso e ocupação do solo urbano.

Diante dessa concepção, a identificação dos componentes morfométricos dos sistemas de drenagem e do relevo, bem como a compreensão da dinâmica de uso e ocupação dos solos

urbanos, serão as bases para a indicação de ações estruturais e não-estruturais para a proposta de revitalização da bacia hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas, localizada numa zona periurbana da sede do município de Poços de Caldas, no sul de Minas Gerais. Espera-se ainda que as análises realizadas nesse estudo, sirvam como ferramenta de apoio ao aperfeiçoamento da política de planejamento urbano da cidade a fim de evitar impactos ambientais e sociais.

1.1 Área de estudo

O Município de Poços de Caldas está localizado ao Sul do Estado de Minas Gerais na divisa com o Estado de São Paulo (Figura 1). Segundo o último censo do IBGE (2010), a cidade apresenta uma área de 547.260 km² e uma população de aproximadamente 152. 435 habitantes. O relatório técnico do Plano Diretor de Poços de Caldas (1992) identificou um elevado crescimento demográfico já a partir da década de 1970. Essa dinâmica de crescimento populacional permaneceu ao longo das últimas duas décadas, tendo um aumento de 68,5%, entre os anos de 1992 (112.201 hab.) e 2015 (163.677 hab.). O aumento populacional exige do poder público uma maior atenção ao cumprimento das leis urbanísticas, visando a não ocupação de áreas naturalmente vulneráveis a ocorrência de eventos hidrológicos, como as enchentes e inundações.

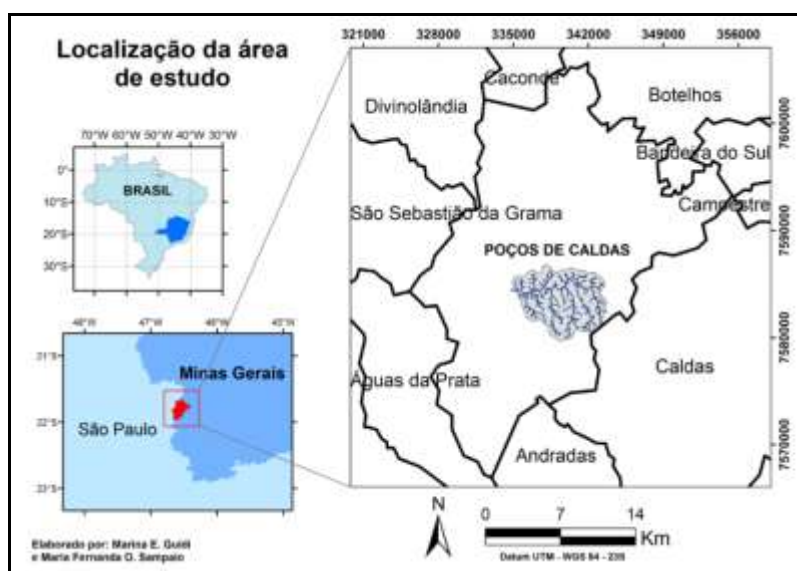


Figura 1. Localização do Município de Poços de Caldas e da Sub-bacia do Ribeirão das Vargens de Caldas.

A sub-bacia hidrográfica que origina o Ribeirão das Vargens de Caldas visualizada na Figura 2 se localiza no Município de Poços de Caldas e, com uma área de aproximadamente 42,45km², sendo um importante tributário do Ribeirão das Antas, afluente mineiro do Rio Pardo, bacia do Rio Grande.

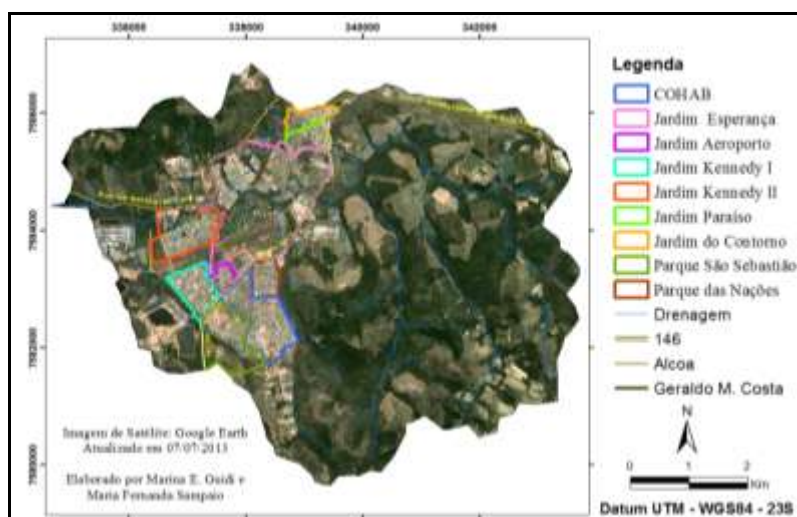


Figura 2. Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas e os Bairros que lhe compõem. (Fonte: Imagem da plataforma Google Earth – 2013)

O Ribeirão Vargem de Caldas ocupa uma área de características periurbanas, um limiar entre bairros residenciais, polo industrial e a zona rural, sendo considerada como uma das frentes de expansão urbana. Nota-se na cidade que mesmo com a implementação do macrozoneamento do Plano Diretor proposto em 2006 (Poços de Caldas, 2006), algumas áreas com histórico enchentes foram ocupadas, como o Bairro Kenedy II (Figura 2), localizado na planície de inundação do Ribeirão Vargem de Caldas.

METODOLOGIA

A metodologia consistiu primeiramente na caracterização da Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas de modo a compreender melhor sua dinâmica, comportamento hidrológico e identificar os problemas ambientais presentes com validação das informações com visitas de campo. Posteriormente, foram propostas estratégias de revitalização dos ambientes fluviais estudados. A seguir são descritas as etapas de desenvolvimento do projeto.

2.1 Extração da rede de drenagem e delimitação da bacia

A identificação dos parâmetros morfométricos dos sistemas de drenagem e dos componentes do relevo foram feitas de forma automatizada, utilizando imagem do radar SRTM, disponíveis através do Projeto Topodata - Banco de dados Geomorfométricos do Brasil (INPE, 2015) com resolução de 30 metros. Acessando o sistema TOPODATA descarregou-se a imagem da região de análise, sendo feito o recorte da área de estudo e, posterior produção do Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizando as ferramentas do programa Arcgis 10.2. Através do módulo *Hydrology* da extensão *SpatialAnalyst Tools* do software ArcGis foi feita a delimitação da bacia hidrográfica e a extração da rede de drenagem, conforme metodologia proposta por Santos (2013).

2.2 Extensão do trajeto do fluxo superficial e área de contribuição

Para confecção do Mapa de Extensão do Trajeto do Fluxo Superficial utilizou-se a metodologia proposta por Buarque *et al.* (2008). Utilizando-se o produto do procedimento *FlowDirection* da etapa anterior a seguinte sequência foi executada na ferramenta *SpatialAnalyst Tools:Hydrology>FlowLength>Directionofmeasurement(Downstream)*.

2.3 Análise morfométrica

A seguir, o Quadro 1 resume os parâmetros morfométricos analisados. Com o auxílio dos produtos resultantes da etapa anterior, a rede de drenagem e o Fluxo de Direção, a ferramenta *StreamOrder* do módulo *Hydrology* permitiu a identificação da hierarquia da rede de drenagem segundo o sistema de Strahler (1952). Os demais parâmetros foram calculados utilizando os dados da Tabela de Atributos (*Attributetable*) e da ferramenta *Field Calculator* no ArcGis, referente a camada da rede de drenagem.

Quadro 1. Parâmetros morfométricos analisados na área de estudo.

ITEM	EQUAÇÃO	DEFINIÇÃO
Hierarquia fluvial		Classificação de Strahler (1952)
Perímetro da Bacia (<i>P</i>)		<i>P</i> - comprimento de uma linha imaginária em torno do divisor da bacia.
Área de drenagem (<i>A</i>)		<i>A</i> - área drenada pelo sistema fluvial
Densidade hidrográfica (<i>Dh</i>) (Christofolletti, 1969)	$Dh = \frac{N}{A}$	<i>N</i> – números de cursos d'água <i>A</i> – área da bacia
Densidade de drenagem (<i>Dd</i>) (Christofolletti, 1969)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	<i>Lt</i> – comprimento total dos canais <i>A</i> – área da bacia

Índice de circularidade (I_c) (Christofolletti, 1980)	$I_c = \frac{A}{Ac}$	I_c - índice de circularidade A - área da bacia Ac - área de um círculo
Coefficiente de compacidade (K_c) (Villela & Mattos, 1975)	$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	P - perímetro da bacia A - área de um círculo equivalente à área da bacia
Fator de Forma (F) (Gandolfi, 1971)	$F = \frac{A}{L^2}$	A - área de drenagem da bacia (km^2) L - comprimento do eixo da bacia (km).

A identificação dos componentes morfométricos citados acima auxiliam na compreensão da dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas, por quantificar componentes naturais que controlam os fluxos superficiais nos sistemas de drenagem, conforme observado por Santos e Sobreira (2008).

2.4 Mapa de declividade

O Mapa de declividade foi gerado a partir de uma imagem Topodata de 30 metros de resolução utilizada como Modelo Digital de Elevação (MDE). Na ferramenta *3D Analyst Tools* aplicou-se a função *Slope* do módulo *Raster Surface*. Os intervalos de declividade foram organizados em seis classes (Tabela 1) de acordo com o proposto por De Biasi (1993). Essa análise auxilia no entendimento sobre a morfologia dos ambientes, principalmente para se compreender a influência do relevo no processo de uso e ocupação do solo.

Tabela 1. Classes de declividade segundo De Biasi (1993).

Classes de Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Várzea
3 – 6	Plano a suave ondulado
6 – 12	Suave ondulado a ondulado
12 – 20	Ondulado a forte ondulado
20 – 40	Forte ondulado a montanhoso
>40	Montanhoso

2.5 Mapeamento de uso e cobertura da terra

A análise do uso e ocupação da terra foi realizada por interpretação visual e a Classificação Supervisionada imagem do satélite Landsat 8, de 31 de Julho de 2013 com resolução espacial de 30 metros obtida pelo sensor OLI (Operational Land Imager) (USGS, 2013). Para tanto, se aplicou na imagem de satélite o índice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), produzido através do procedimento *Vegetation Index*, ferramenta do módulo *ArcToolBox* do programa Arcgis 10.1. Segundo Alvarenga e

Moraes (2014) esse índice é utilizado principalmente em estudos de cunho ambiental, por permitir que as análises sobre a cobertura vegetal sejam feitas em diversas escalas e reduzir o efeito topográfico.

As classes de uso e cobertura do solo escolhidas para melhor representar as características espaciais da área de estudo foram: Cultivo (áreas de uso rural), Campo (cobertura de gramíneas, herbáceas ou áreas de pastagens), Silvicultura (floresta plantada com espécies exóticas, principalmente o eucalipto), Mata (predominância de floresta com espécies arbóreas e de dossel fechado), Solo exposto, Corpos d'água e Área urbana (qualquer tipo de uso urbano).

2.6 Propostas de Revitalização

Diante das diversas análises realizadas em laboratório e atividades de verificação, correção e ajuste em campo citadas acima, procedeu-se a estruturação de propostas estruturais e não-estruturais referentes ao processo de revitalização da área de estudo, que nesse estudo pretende recuperar o ambiente, dando uma função social sustentável.

No contexto desse trabalho, as ações estruturais consistem na construção de infraestrutura física e/ou a implementação atividades que alterem a configuração ambiental da bacia. As medidas não-estruturais se referem a ações que envolvam a comunidade local no sentido de atual de forma corretiva e/ou preventiva. Em todas as intervenções propostas, se considerou a apropriação por parte da comunidade, pois em todas ações a função social dos ambientes foram previstas. Entende-se que o processo de revitalização seja mais eficiente com o envolvimento da comunidade como parceira.

Com o intuito de propiciar uma melhor compreensão das propostas, foram produzidos modelos esquemáticos utilizando o programagrato de modelagem 3D, o *GoogleSketchUp* 8.0.

Resultados e discussão

3.1 Análise morfológica

A Sub-bacia do Ribeirão das Vargens de Caldas é de 4ª ordem (Figura 3), com área de 42,11 km² e um total de 229 canais.

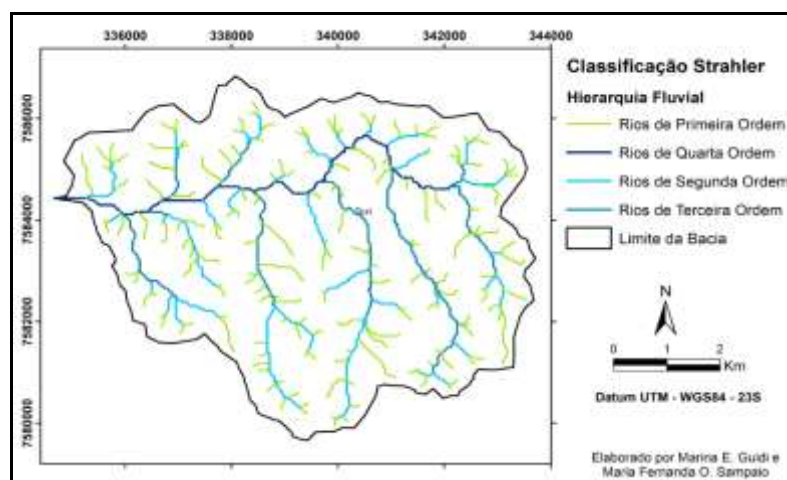


Figura 3. Hierarquia fluvial da Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas segundo a classificação de Strahler.

Quanto às características geométricas e à forma da bacia foram calculados três índices: Coeficiente de compacidade, Fator de forma e Índice de circularidade. Estes índices são importantes por determinarem o tempo de concentração da água drenada pela bacia e assim determinar se há maior probabilidade de cheias ou não (Junior, 2008). Os valores resultantes do cálculo dos parâmetros morfométricos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros morfométricos calculados para a Sub-bacia do Ribeirão das Vargens de Caldas.

Características Geométricas			
<i>Parâmetros</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Valores</i>	<i>Unidades</i>
Área de Drenagem	A	42,11	km ²
Perímetro	P	29,84	Km
Coeficiente de Compacidade	Kc	1,33	
Fator de Forma	F	0,23	
Índice de Circularidade	Ic	0,59	
Características do Relevo			
Índice de Rugosidade	Ir	575,785	m.km.km ⁻²
Declividade média	Dm	28,48	%
Declividade máxima		56,95	%
Altitude mínima		1248,17	M
Altitude média		1360,52	M
Altitude máxima		1472,87	M
Amplitude altimétrica		224,7	M
Características da Rede de Drenagem			
Comprimento total dos canais	Lt	107,92	Km
Comprimento do canal principal	L	13,65	Km

Quantidade de canais		229	
Ordem da bacia		4	
Densidade de drenagem	Dd	2,56	Km.km ⁻²
Densidade hidrográfica	Dh	5,44	km ²

O Kc de 1,33 é próximo a unidade 1, portanto, a bacia tende a uma forma mais regular. Com relação ao fator de forma, quanto maior seu valor, mais circular é a bacia. Segundo Villella & Mattos (1975), o valor de F de 0,23 é considerado baixo, mas como este fator é diretamente proporcional à área e esta é considerada pequena, ele foi classificado como alto. Sobre o valor de 0,59 apresentado pelo Ic , uma vez que o valor máximo possível é de “1” e valores acima de 0,51 compreendem bacias mais circulares, combinados, todos esses parâmetros indicam que a bacia estudada possui um formato análogo ao de uma circunferência com alta probabilidade de cheias e capacidade reduzida de escoamento.

Com um valor de 5,44 km², cerca de 5 canais por km², a densidade hidrográfica (Dh) é considerada alta, o que significa que a bacia possui alta capacidade de gerar novos canais. Já o índice de densidade de drenagem (Dd) foi de 2,56 km.km⁻². Esse valor de Dd é considerado de médio a alto segundo a variação encontrada por Villella e Mattos (1975), mostrando que a área da bacia de estudo é bem drenada e que contribui para o aumento de vazão dos rios, principalmente a sua jusante.

Para Martini (2012), locais com subsolo resistente ou que são altamente permeáveis, em relevo plano e cobertura vegetal densa, geralmente apresentam densidades de drenagem baixas. Por outro lado, solos impermeáveis, com fraca resistência, relevo montanhoso e cobertura vegetal escassa apresentam altas taxas de densidade de drenagem. Essa explicação condiz com as características de relevo da área de estudo, que é fortemente ondulada e montanhosa e que possui vegetação escassa à jusante. De forma geral, o aumento da Dd provoca o aumento de escoamento superficial. Segundo Junior (2008) esse processo pode ser acelerado com a retirada da cobertura vegetal, alterando a capacidade de infiltração e, por consequência, acelerando os processos de erosão hídrica das encostas e a formação de ravinas. A correlação entre a Dh alta e a Dd média-alta mostra que a Sub-bacia do Ribeirão das Vargens de Caldas possui tendência a apresentar um significativo escoamento superficial, agravado pela escassa vegetação principalmente na área urbanizada. Esses valores somados ao apontado pelo Ic , Kc e F , indicam que o tempo de retenção da água na área é maior, tornando-a propensa a ocorrência de inundações.

A bacia apresenta altitude média de 1360m e as declividades médias apresentaram uma média de 28,48%. A maior parte do terreno apresenta declividades entre 12-20% e 20-40% como de relevo ondulado à forte ondulado e forte ondulado a montanhoso, o que, na maioria das vezes, dificulta o uso do solo para a agricultura devidoas altas declividades. O Mapa de declividade do terreno (Figura 4) indica baixa declividade e largas planícies laterais ao longo do canal principal, o que reduz a velocidade do escoamento superficial e favorece a deposição de sedimentos que se acumulam no leito das drenagens e potencializam a chance de ocorrência de cheias.

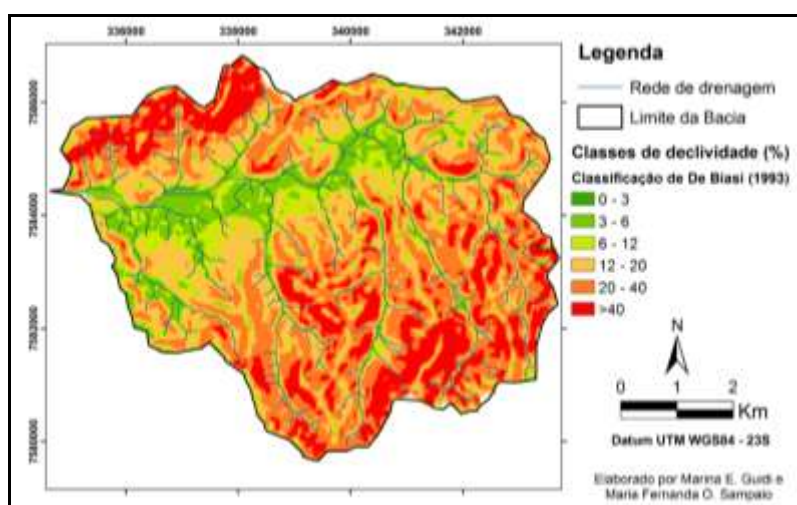


Figura 4. Classes de declividade da Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas.

O elevado índice de rugosidade (I_r) encontrado foi de 575,785 m.km.km⁻² e significa que as vertentes são mais íngremes e longas, indicando que a bacia possui alta energia hidrológica e é mais propensa à ocorrência de cheias.

Na área de estudo se percebe uma alta taxa de urbanização à jusante tanto nas margens esquerda quanto direita do rio principal(Figura 5). Além disso, é possível notar também a deficiência de mata nas áreas das margens de canais e nascentes e a grande quantidade de Silvicultura com plantas exóticas, predominando o eucalipto.

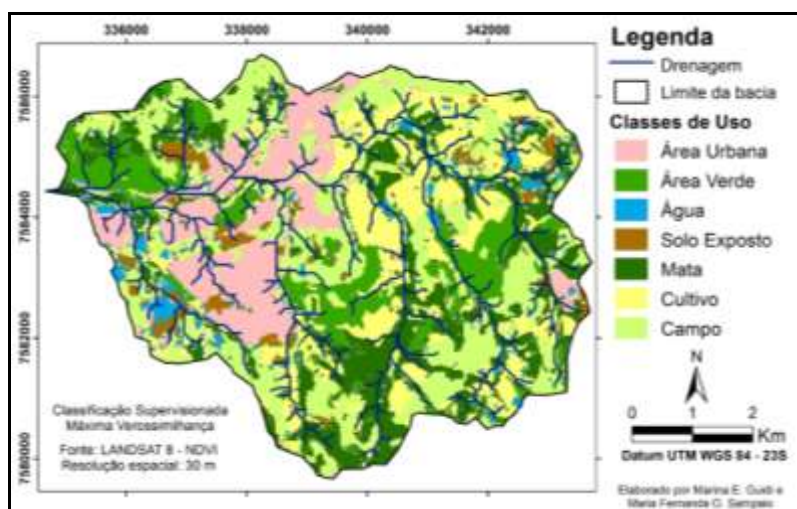


Figura 5. Mapa de uso e ocupação da terra na área de Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas.

No entanto, de modo geral, a bacia apresenta manchas significativas de Silvicultura e de mata nativa em sua área. As porcentagens referentes às classes de uso da terra são representadas a seguir na Tabela 3.

Tabela 3. Quantificação das classes de uso da terra na área de estudo.

Classes de uso da terra	Área em hectares (ha)	Porcentagem (%)
Área Urbana	626,53	14,94
Silvicultura	543,65	12,97
Água	168,16	4,01
Solo Exposto	142,51	3,40
Mata	808,07	19,27
Cultivo	864,07	20,61
Campo	1039,56	24,80
Total	4192,55	100

Na metade à montante da bacia, há o predomínio de áreas de cultivo e também de campos de pastagem. Esse aspecto abre possibilidades na questão da Gestão Ambiental de áreas ribeirinhas e de conservação, uma vez que os processos existentes na região influenciam fenômenos que podem incidir em pontos à jusante. A pecuária merece atenção devido à compactação do solo pelo gado, o que reduz a capacidade de infiltração da água pluvial e aumenta o escoamento superficial. Segundo Merten e Minella (2003) as atividades agrícolas geram uma preocupação maior com relação à preservação de mata ciliar e ao carreamento de excesso de fertilizantes e agrotóxicos para os canais fluviais.

A correlação dos valores encontrados com o Mapa de uso e ocupação da terra (Figura 5, Tabela 3) mostra que as áreas de maior ocupação humana e menor cobertura vegetal coincidem com as de menor declividade (Figura 4). A retirada da vegetação local é a ação

antrópica que mais acelera a formação de ravinas causadas pelas erosões laminares. Para Martini (2012) quanto mais íngremes os terrenos, mais intensos os processos. Como as áreas urbanizadas se localizam nas planícies de inundação e, com isso, pode-se inferir que a bacia possui uma maior suscetibilidade natural à ocorrência de enchentes agravada pela ação antrópica.

O Mapa de Extensão do Trajeto do Fluxo Superficial (Figura 6) indica o comprimento do escoamento onde, do ponto mais distante, ou cume, a água percorre uma distância maior do que a parte do final da bacia. Na área de estudo, grande parte do volume de água se direciona e se acumula na área do aglomerado urbano, principalmente na região do bairro Jardim Kennedy II. As áreas mais claras da Figura 6 mostram os ambientes com menor trajeto dos fluxos superficiais, e conseqüentemente, maior concentração de águas pluviais. Dados resultantes de simulações realizadas pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE, 2008) de Poços de Caldas mostram que a vazão máxima que chega a atingir o bairro Jardim Kennedy é de aproximadamente $28,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, contrastando muito com outras regiões da bacia com ocupação rural e natural cuja vazão máxima é menos acentuada e melhor distribuída.

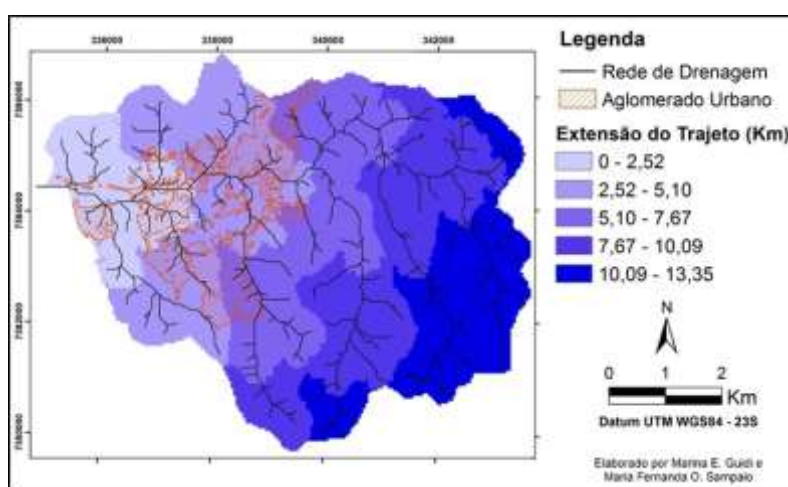


Figura 6. Extensão do trajeto do fluxo superficial do cume do relevo até o final da Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas.

Ribeiro (2010) encontrou correlações entre as áreas de baixa infiltração com a intensa impermeabilização do solo na área urbana e entre as áreas de alta capacidade de infiltração com a presença de manchas de vegetação (tanto de mata nativa quanto de silvicultura). Isso somado aos resultados obtidos na análise morfométrica realizada no presente estudo, permitem caracterizar a área urbana como a zona mais problemática da bacia, onde todos esses fatores evidenciam a vulnerabilidade a ocorrência de enchentes e inundações.

3.2 Propostas de Revitalização

As propostas de revitalização sugeridas foram principalmente nas localidades que apresentam maior vulnerabilidade às enchentes, que devido a fatores naturais e antrópicos são expostas aos eventos hidrológicos extremos, conforme discutido anteriormente. Nesse sentido as ações propostas foram indicadas principalmente nos bairros Jardim Kennedy II, Conjunto Habitacional Parque das Nações e Parque São Sebastião (Figura 7). As ações estruturais e não estruturais indicadas têm o objetivo de auxiliar na solução dos problemas ambientais e socioambientais encontrados, buscando o equilíbrio do meio ambiente, a saúde e o bem-estar da população.



Figura 7—Distribuição territorial dos pontos analisados na área de estudo. (Fonte: Imagem retirada da Plataforma Google Earth – 2013)

- *Limpeza e dragagem dos cursos d'água*: Na região urbanizada da bacia, notou-se a presença de muitos aterros clandestinos compostos por materiais gárbicos e principalmente úrbicos como materiais utilizados em construções. Além dos aterros clandestinos estarem expostos para o carreamento desses materiais para os cursos d'água, provocam a obstrução e poluição dos canais de drenagem. Outro problema relevante, principalmente pela proximidade desses depósitos com as residências, consiste na propagação de vetores de doenças, tais como roedores, insetos, aranhas, escorpiões entre outros. Sendo assim, recomenda-se uma limpeza anual, tanto para finalidades ambientais ao recuperar a dinâmica natural do rio quanto para finalidades paisagísticas e sanitárias.

Sugere-se que esses locais, sendo de posse da prefeitura, sejam posteriormente transformados em áreas verdes como praças que, além de fornecer um bom aspecto paisagístico poderão ser usufruídos pela população local.

- *Eliminar as fontes de lançamento de esgoto nos córregos:* Deverão ser feitas fiscalizações para verificar se os efluentes domésticos e/ou comerciais são coletados pelo sistema de captação de esgotos. Neste caso, o estabelecimento do Programa Caça Esgotos é fundamental para identificar fontes irregulares de lançamento de esgoto na rede pluvial. Além disso, identificar as fontes de lançamento de esgoto direto nos córregos e estabelecer um programa de eliminação de poluição hídrica. A melhoria na qualidade da água permitirá o estabelecimento e reprodução de fauna e flora aquática, resultando na recuperação e manutenção dos aspectos naturais de todo o ambiente fluvial.

- *Revegetação e recuperação de áreas ribeirinhas – Revitalização das APPs:* A revegetação e conservação da mata ciliar são medidas a serem tomadas tanto na parte urbanizada quanto na parte rural da bacia. Essa vegetação faz parte das áreas de APP (Área de Proteção Permanente) e deve seguir a legislação proposta no Código Florestal Lei nº 12.651/12 (Brasil, 2012) com 30 metros de APP em faixas marginais desde a borda da calha do leito regular de cursos d'água com menos de 10 metros de largura, como neste caso, além de um raio com mínimo de 50 metros de APP em torno de nascentes independentemente de sua situação topográfica.

Primeiramente, deve ser feita uma limpeza na área para eliminação de espécies invasoras e de possíveis obstáculos ao crescimento adequado das plantas. Para o plantio, recomenda-se de preferência a escolha de espécies autóctones. Tanto a escolha das espécies quanto a disposição delas devem ser a mais diversificada possível, alternando-se espécies pioneiras e secundárias, sendo a primeira em maior quantidade, e respeitando o espaçamento recomendado de 2 x 3 metros no caso de plantios heterogêneos por questões econômicas e ecológicas (CRESTANA *et al.*, 1993).

A presença de formigas é um importante fator limitante ao crescimento das plantas e seu combate deve ser realizado em um período anterior ao plantio e durante a fase de manutenção das mudas em pelo menos dois anos após o plantio. O combate às formigas deve ser feito por técnico especializado ainda na fase de preparo do terreno e consiste na identificação e localização dos formigueiros para determinar o método de eliminação desses

insetos. Todo esse processo exige que a aplicação e monitoramento sejam realizados por técnicos especializados, uma vez que essas atividades requerem conhecimentos específicos.

- *Controle de processos erosivos*: No Bairro São Sebastião foram observados vários pontos com erosão, tanto nas encostas dos morros como nas avenidas recém-construídas devido à retirada da cobertura vegetal e ausência de bueiros que diminuem a vazão das águas. Nesses casos a água passa em grande quantidade e com alta velocidade, aumentando a pressão sobre o solo provocando as erosões.

No caso das encostas, realizar o plantio de vegetação no modo “curvas de nível”, ou seja, em degraus. Além da vegetação auxiliar na infiltração da água, o escalonamento ajuda a reduzir a energia do escoamento superficial da mesma, protegendo o solo de erosão intensa, além de aumentar o oxigênio dissolvido na água. Uma alternativa para conter a erosão tanto em encostas quanto em margens de rios é também a utilização de muro de suporte vivo, uma técnica da engenharia natural (Souza, 2013). Esses muros consistem em troncos de madeira dispostos perpendicularmente sustentados por suportes de ferro (eg. cavilhas) com revestimento de material vegetal vivo do tipo autóctone e terra do próprio local para promoção do desenvolvimento da vegetação nativa. Outras vantagens dessa técnica são sua durabilidade e estabilidade, além de criar nichos ecológicos que atraem uma fauna mais diversificada.

Na área rural da bacia, os agricultores podem utilizar o sistema de rotação de culturas cultivando, no mesmo local, plantas diferentes e em períodos alternados, deixando o solo sempre com alguma cobertura vegetal.

A hidrossemeadura é também uma medida sugerida como um complemento ao controle de processos erosivos, principalmente em locais de baixa fertilidade dos solos e altas declividades. Essa técnica consiste na distribuição de um composto de água, sementes e outros materiais como fertilizantes e corretores de pH. É, portanto, muito utilizada para estabelecimento rápido de cobertura vegetal em áreas degradadas e terrenos declivosos sujeitos a erosão hídrica e eólica. Recomenda-se que sejam misturadas sementes autóctones e comerciais (Moedas, 2010).

- *Instalação de estações de monitoramento hidrológico de chuva e vazão dos rios*: Os dados obtidos através dessas estações (como o volume de chuvas, vazão dos rios, disponibilidade hídrica e a qualidade da água) são extremamente necessários na estruturação de um sistema de alerta de cheias, abastecimento e direcionamento de projetos de

revitalização. As estações, portanto, deverão ser adequadamente distribuídas na bacia, e seus resultados deverão ser publicados regularmente.

- *Identificação de Áreas Vulneráveis a Ocupação*: Neste caso, sugere-se que no processo de revisão do Plano Diretor do Município sejam realizados estudos geotécnicos mais aprofundados sobre a estabilidade dos solos, a vulnerabilidade natural das margens dos cursos d'água e de encostas com relação às enchentes e aos movimentos de massa. Os resultados auxiliarão na definição de regras para o uso e ocupação do solo, principalmente na área urbanizada, a fim de que a expansão urbana seja direcionada a locais seguros quanto a riscos naturais como inundações e deslizamentos.

- *Estruturação de Programa de Educação ambiental*: Devem ser promovidas palestras e debates com a população a fim de discutir as possibilidades de revitalização da bacia, destacando a importância e os benefícios resultantes do reequilíbrio ambiental da área, bem como as possibilidades de uso compartilhado dos ambientes para atividades de socioculturais. Essa deve ser uma atividade contínua, perpassando não somente nos períodos de implementação das obras, mas também na manutenção e conservação. A comunidade deve ser vista como uma parceira e fundamental no processo de revitalização da bacia. Compreendesse que a efetividade de medidas preventivas e corretivas relativas às questões ambientais no contexto urbano é imperativo o envolvimento da população direta e indiretamente afetada pelos problemas socioambientais.

3.3 Detalhamento das Ações Estruturais

Os pontos escolhidos para aplicação de propostas estão identificados no próximo mapa (Figura 7) e serão discutidos separadamente a seguir.

Ponto 1: Na área de estudo esse ambiente apresenta uma ocorrência de enchentes e inundações. Nesse sentido, sugere-se a revitalização fluvial, iniciando pela recomposição vegetal da mata ciliar (Figura 8), com o plantio de árvores de crescimento rápido e boa capacidade de infiltração, tais como: Mutamba (*Guazuma ulmifolia*), Embaúba (*Cecropia pachystachya*), Pau de Balsa (*Ochroma pyramidale*), Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Acácia (*Acacia auriculiformis*) e Palmeira rosa (*Chorisia speciosa*).

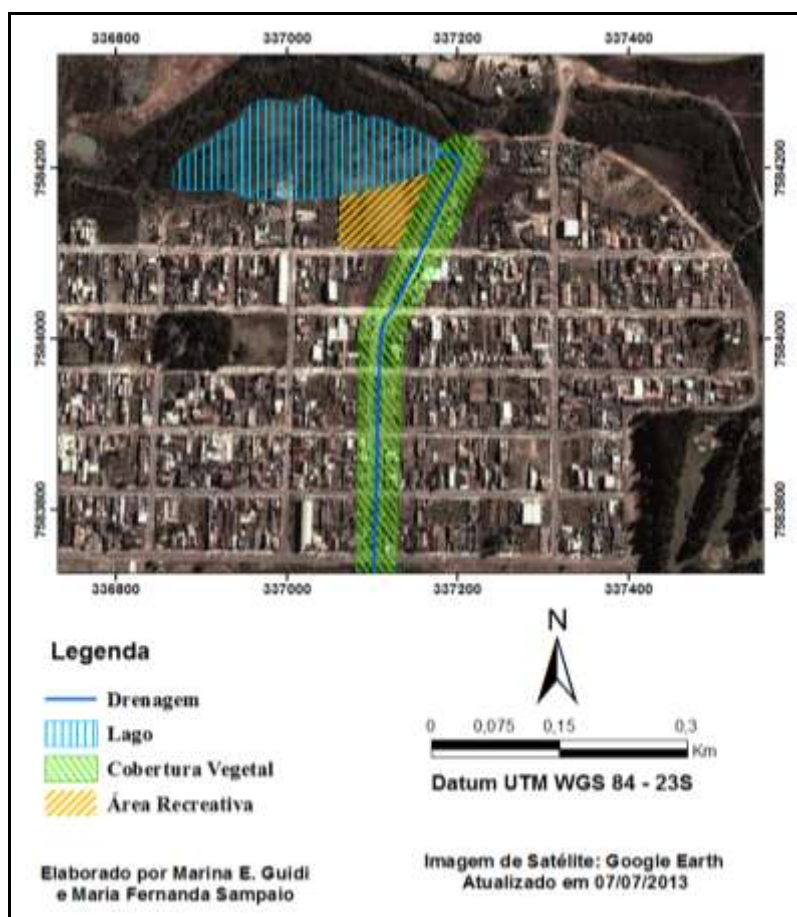


Figura 8 - Representação da proposta de revitalização referente ao Ponto 1.

Devido à proximidade com as residências, se propõe o reequilíbrio entre as funções hidrológicas e sociais do ambiente. Com isso, sugere-se a criação de uma área recreativa, podendo conter um Campo de Futebol, Área de Piquenique, Bancos de Concretos, Pista de Caminhada com Piso Intervalado, Academia a Céu Aberto, Playground, entre outros elementos de lazer. Além disso, indica-se a formação de lago paisagístico e/ou que tenha a função de reservatório de regularização para situações emergenciais em caso de inundações (Figura 9).



Figura 98. Proposta de Revitalização do Ponto 1 com a criação de uma área de recreação e a conservação de vegetação nas margens do canal.

Ponto 2: Apesar de já ter sido feita uma intervenção nesta área, a obra realizada não cumpre o objetivo de conter a água da chuva quando em grande quantidade e nem apresenta um aspecto e funções ambientais inerentes aos ambientes fluviais.

A Figura 10 a seguir demonstra a situação atual do Ponto 2 (Figura 10A) e a proposta de revitalização para o local (Figura 10B). A manutenção da qualidade ambiental do córrego é de extrema importância para que não haja acúmulo de matéria orgânica e consequente eutrofização. Por isso, se propõe a plantação e a manutenção de mata ciliar ao redor do córrego, podendo ser utilizadas as mesmas espécies recomendadas no Ponto 1.

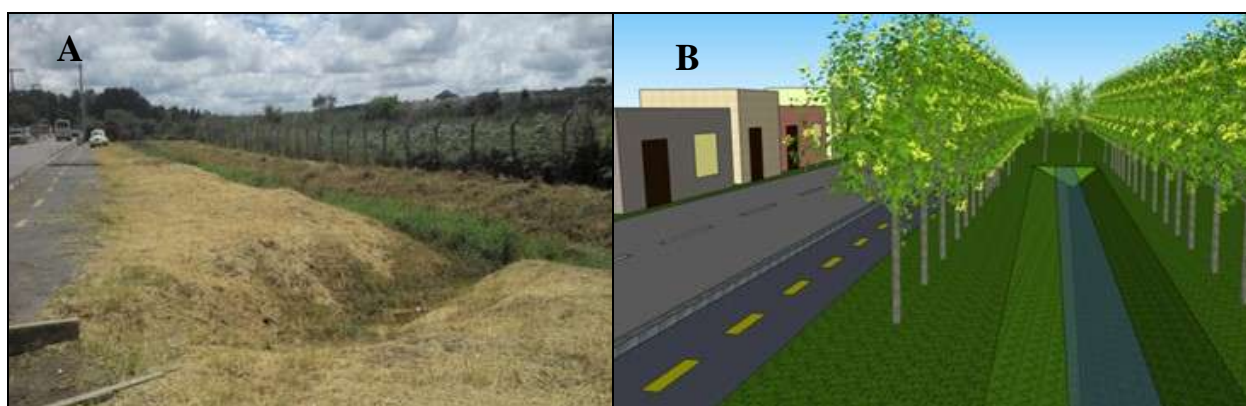


Figura 10. A ausência de mata ciliar nas margens do canal (A) no Ponto 2 e proposta de revitalização (B).

(Foto: Marina Elvira Guidi, set. 2013)

Ponto 3: Esse ambiente apresenta características de terreno baldio e a comunidade do entorno reclama do aparecimento de insetos, ratos e baratas, entre outros vetores de doenças (Figura 11).



Figura 11. Terreno baldio referente ao Ponto 3.
(Foto: Marina Elvira Guidi, set. 2013)

A área está localizada ao lado da Escola Estadual Professor José Castro de Araújo e, por isso, a proposta também será no sentido de se reequilibrar ambientalmente do local, dando funções sociais e de educação ambiental, propondo-se a inserção de vegetação nativa autóctone e infraestrutura de lazer, tais como: Playground, Pista de Skate, Horta Comunitária, Pista de Caminhada, Academia a Céu Aberto, entre outros (Figura 12).

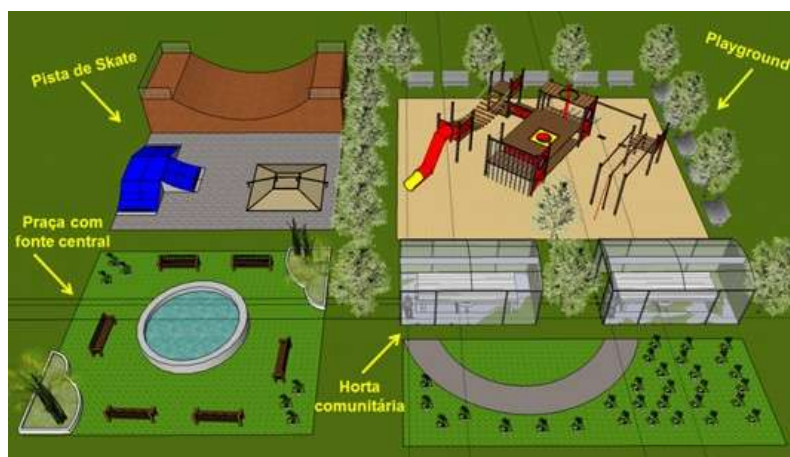


Figura 129. Proposta de revitalização do Ponto 3 com a criação de uma área de recreação.

Ponto 4: Esse ambiente apresenta a situação mais flagrante de degradação e poluição ambiental, devido a instalação de bota-fora de cerca de 25000 m², próximo do leito fluvial. O local pode ser enquadrado como um depósito tecnogênicocomposto por materiais gárbico (detritos de origem orgânica) e úrbico (restos de construção), sendo este último o predominante (Figura13).



Figura 13 - Imagem de satélite evidenciando o bota-fora e a drenagem. (Fonte: Imagem retirada da plataforma Google Earth – 2016)

Para este ponto se propõe é a revitalização do local com a mesma concepção de reequilíbrio ambiental e função social. Inicialmente deve-se realizar a retirada dos materiais, destinando-os ao aterro sanitário. Em seguida indica-se a inserção de vegetação nativa autóctone e infraestrutura de lazer semelhante aos pontos anteriores (Figura 14).



Figura 14. Proposta de revitalização para o Ponto 4.

Ponto 5: Este ponto constitui-se de um conjunto habitacional popular recém construído. A falta de um sistema de drenagem pluvial, associado a alta declividade do local, resultou na formação de sulcos nas ruas asfaltadas (Figura 15A) e também nas calçadas (Figura 15B).



Figura 15 – Conjunto habitacional popular com sulcos nas ruas (A) e calçadas (B) devido a ineficiência do sistema de drenagem pluvial.

Propõe-se que sejam recuperados processos erosivos e reestruturado o sistema de micro e macrodrenagem, tendo a função não somente de disciplinar o escoamento das chuvas no bairro, mas também evitar problemas erosivos nos pontos de lançamento dessas águas no fundo de vale. Além disso, se indica que sejam incluídos nos estudos sobre a expansão urbana, análises geotécnicas dos solos e sobre a fragilidade geomorfológica frente ao uso e ocupação do solo urbano, evitando sempre que possível, áreas de declividade acentuada, que dificultam o disciplinamento das águas pluviais e podem favorecer a ocorrência de movimentos de massa.

Considerações finais

Devido ao seu formato mais circular e a morfologia suave e ampla dos fundos de vale no contexto urbano da área de estudo, favorecerem uma maior retenção das águas fluviais e pluviais na bacia. Através da análise morfométrica se observou que a área de estudo apresenta condições naturais favoráveis à ocorrência de enchentes e inundações. Estas características são potencializadas pela ação antrópica através, principalmente, da retirada de vegetação nativa e pelo processo de impermeabilização do solo através do crescimento urbano. Se notou que mesmo os bairros da área de estudo terem sido legalmente aprovados pelo executivo municipal, a infraestrutura urbana não levou em consideração as características hidrológicas da bacia no planejamento da expansão urbana no contexto estudado.

As ações de revitalização ambiental indicadas nesse estudo apresentam uma concepção muito importante em contextos urbanos, por envolver a participação da

comunidade no processo de conservação e de apropriação adequada dos ambientes. Entendesse que de forma imperativa a participação popular tem sido cada vez mais importante na recuperação ambiental não somente em contextos urbanos, mas também na zona rural.

De modo geral, a mitigação dos impactos ocorrentes requer a ampliação e o aperfeiçoamento da fiscalização e atuação do executivo municipal sobre o planejamento do crescimento urbanístico em locais inadequados, além da colaboração das comunidades envolvidas. Além disso, deve-se incluir nos estudos e análises para a definição da política de uso e ocupação do solo, pesquisas que compreendam principalmente a vulnerabilidade natural dos terrenos, frente aos diversos tipos de apropriação do solo urbano e rural.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. S.; MORAES, M. F. 2014. Utilização de imagens LANDSAT – 8 para caracterização da cobertura vegetal Disponível em: <http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-para-obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/>. Acessado em: 28 out. 2014.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; e dá outras providências. **Diário Oficial da União, Brasília, DF**. Seção 1 – 28 de maio de 2012, p.1.

BUARQUE, D. C.; PAZ, A. R.; [COLLISCHONN, W.](#) Extração automática de parâmetros físicos de bacias hidrográficas a partir do mnt para utilização em modelos hidrológicos. In: II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. *Not. Geomorfol.*, v. 9, n. 18, p.36-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2 ed., 1980, p. 102-121.

CRESTANA, M.S.M da; TOLEDO, D.V.F.; CAMPOS, J.B. de. **Florestas: sistema de recuperação com essências nativas**. Campinas: CATI, 1993.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista de Geografia**, São Paulo, v.6, 1993, p.45-60.

DMAE. **Sistema de prevenção de cheias do Município de Poços de Caldas**. Plano diretor de drenagem urbana. Prefeitura Municipal de Poços de Caldas, 2008.

GANDOLFI, N. Investigações sedimentológicas, morfométricas e físico-químicas nas bacias do Mogi-Guaçu, do Ribeira de Iguape e do Peixe. São Carlos-SP: EESC-USP, 1971. 108p. (Geologia n. 15).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico de 2010**. Disponível em:

<<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=31&dados=29>>. Acessado em Julho de 2013.

IBGE. Poços de Caldas. 2015. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=315180&search=minas-gerais|pocos-de-caldas>>. Acessado em: 30 nov. 2015.

INPE, Instituto de Pesquisas Espaciais. TOPODATA. 2013. Disponível em:

<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acessado em: 30 out. 2013.

JUNIOR, R. F. V. 2008. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. Unesp, Jaboticabal, SP, 2008.

MARTINI, L.C.P. Características morfométricas de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geomorfologia** – v. 13, n.1, p.65-72, 2012.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre, 3(4): 33-38, 2002

MOEDAS, A. R. G. O. **Efeito dos componentes da hidrossementeira na germinação e crescimento de espécies autóctones**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental), 53p. Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

OLIVEIRA, A. M. M.; PINTO, S. A. F. Análise da dinâmica do uso da terra: o estudo da bacia hidrográfica do Ribeirão São João, SP. **Geografia**, Rio Claro-SP, v. 28, n. 2, p. 197-224, 2003.

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**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas – SP, 2010.

SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Baçõ e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. **REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto**, 61(1): 77-85, 2008.

SANTOS, J. 2013. ArcGIS 10.1: Super Análise Hidrológica com SpatialAnalyst. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/2013/05/07/arcgis-10-1-super-analise-hidrologica-com-spatial-analyst/>. Acessado em: 28 out. 2013.

SOUZA, R. 2013. Muro de suporte vivo - modelo parede dupla. Disponível em: <http://engnatsul.ning.com/photo/albums/muro-de-suporte-vivo-modelo-parede-dupla>. Acessado em: 30 nov. 2015.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. **Geol. Soc. America Bulletin**, 63, p. 1117-1142, 1952.

USGS, U.S. Geological Survey. 2013. Landsat 8. Disponível em:
<<http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>>. Acessado em 28 set. 2013.

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

Recebido para publicação em fevereiro de 2016
Aprovado para publicação em maio de 2016