

Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG

MORPHOMETRIC ANALYSES OF THE VARGENS DE CALDAS HYDROGRAPHIC BASIN, POÇOS DE CALDAS PLATEAU, MG

GLAUCIELEN FARIA RIBEIRO¹, SUELI YOSHINAGA PEREIRA²

1 - Instituto de Geociências/UNICAMP, Campinas SP. E-mail: glaucielen@ige.unicamp.br

2 - Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências/Unicamp, Campinas SP. E-mail: sueliyos@ige.unicamp.br

Manuscrito:

Recebido: 30/07/2015

Corrigido: 02/09/2015

Aceito: 30/09/2015

Citation: Ribeiro G.F., Pereira S.Y. 2013. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG. *Terraë*, **10**(1-2):15-20. <<http://www.ige.unicamp.br/terrae/>>.

Keywords: Poços de Caldas, flooding susceptibility, morphometric characterization.

Abstract: The objective of the research was to study the morphometry of the Vargens of Caldas hydrographic basin, Poços de Caldas, MG. A Digital Elevation Model was generated from altimetry data of IBGE topographical maps, scale 1:50.000, using geographical information system (GIS). The drainage basin has an area of 42,45km² and 29,25km, in perimeter. Vargens of Caldas watershed exhibits a circular shape; the compacity coefficient value was next from the unit (1.27), and its form factor presented a high value (0.22) and circularity index of 0.61. The basin presented low drainage density, indicating moderate draining capacity. These morphometric characteristics indicated high susceptibility for flooding. Intense precipitation can occur throughout the basin, and concentrate large volumes of water could concentrate in the main tributary. Therefore, the morphometric parameters are important elements in understanding diverse questions related to hydrologic and environmental dynamics of the watershed. The morphometric parameters must be analyzed together to understand the complex dynamics of a watershed.

Introdução

O Ribeirão das Vargens é o rio principal da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, que drena parte da área urbana do município de Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais, e é afluente na margem direita do ribeirão das Antas.

O município de Poços de Caldas é dotado de duas estações bem definidas. A precipitação média anual varia de 1.300 mm e 1.750 mm; as chuvas se concentram no verão. A área de estudo caracteriza-se por sofrer influência de clima tropical de altitude. Todavia, o clima local apresenta semelhanças maiores com o clima subtropical, sendo assim classificado, segundo a classificação de Koppen, do tipo Cwb- mesotérmico com inverno seco e verão brando, e com amplas variações de temperatura entre 18°C a 22°C (Christofolletti 1980).

Na bacia, o arcabouço litológico é constituído por rochas nefelinas-sienitos representadas por tinguaitos, fonólitos e foiaitos de idade Mesozoica-Cenozoica (Christofolletti 1980).

Portanto, a caracterização morfométrica de bacias é de grande importância para estudos hidrológicos e ambientais, principalmente quando o ambiente em questão está sofrendo alterações em parte de seu curso d'água, pois eles desempenham papéis importantes dentro do ecossistema.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo fazer uma caracterização morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, a partir da estimativa de alguns parâmetros físicos. Através da análise morfométrica serão obtidos índices quantitativos, os quais auxiliarão em estudos hidrológicos e ambientais posteriores.

Material e métodos

Área de Estudo

A área de estudo compreende a bacia Vargens de Caldas, situada no Município de Poços de Caldas, Sudoeste do Estado de Minas Gerais, que tem sua

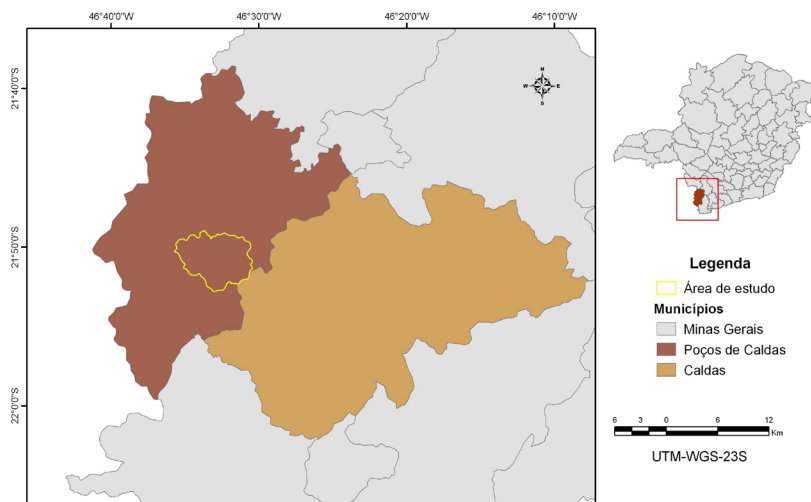


Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica Vargens de Caldas

posição geográfica determinada pelas coordenadas geográficas de 21°50'35\"S e 46°34'25\"W (Fig. 1). A bacia é formadora do ribeirão Vargens de Caldas, sendo um importante afluente do ribeirão das Antas. O relevo da bacia é caracterizado por uma topografia pouco movimentada, com vertentes suaves e topos aplainados e presença de várzeas bem desenvolvidas. Na área de estudo encontram-se solos do tipo Cambissolos Háplicos e Neossolos Regolíticos (Moraes 2008).

Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica

Modelo Digital de Elevação (MDE)

O modelo digital de elevação foi criado a partir da digitalização das curvas de nível da carta topográfica do IBGE, referente a folha de Poços de Caldas – SF-23-V-C-VI-4 na escala 1: 50.000. As curvas de nível foram interpoladas pelo método de triangulação de Delaunay, gerando uma superfície contínua triangular, denominada TIN (*Triangular Irregular Network*), que gerou um MDE de grade triangular. Posteriormente o MDE foi convertido para grade regular (GRID).

A base de dados e as análises espaciais foram realizadas através do sistema de informações geográficas, utilizando-se o aplicativo ArcMap versão 9.3.

Morfometria da Bacia Hidrográfica

A análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas foi realizada a partir de parâme-

tros que caracterizam a forma da bacia, o relevo e a rede de drenagem. Foram analisados os seguintes índices morfométricos: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem, índice de sinuosidade e fator de assimetria. Além desses, foram calculados atributos, tais como: ordem dos cursos d'água (segundo Strahler 1957), área e perímetro da bacia, comprimento dos canais e do canal principal, declividade e altitude.

Os índices morfométricos serão calculados a partir de fórmulas e conceitos propostos por Vilella & Mattos (1975).

Coefficiente de Compacidade

O coeficiente de compacidade (K_c) é um índice que relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia com uma circunferência de área igual ao da bacia hidrográfica. O K_c foi determinado pela seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

sendo: K_c o coeficiente de compacidade, P o perímetro (km) e A a área de drenagem (km²).

Fator de Forma

Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da bacia. O comprimento axial da bacia (L) é determinado, medindo axialmente do exutório até o ponto mais alto do talvegue. O fator de forma (F) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

onde F : fator forma, A área da bacia (km²) e L comprimento do eixo da bacia (km).

Índice de Circularidade

O índice de circularidade da bacia que tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a bacia tende a forma alongada. Para tanto, utilizou-se seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

sendo: IC o índice de circularidade, A área de drenagem (km²) e P o perímetro (km).

Declividade e Altitude

O modelo digital de elevação (MDE) foi utilizado como entrada para a geração do mapa de declividade. Para transformar o MDE em plano de informação de declividade foi utilizada a opção *Surfaces Analysis/ Slope* do módulo *Spatial Analyst*. As classes de declividade foram reclassificadas em seis intervalos, de acordo com a classificação proposta por De Biase (1993), conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Classificação da declividade segundo De Biase (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

Quanto à declividade do Álveo, esta pode ser obtida dividindo-se a diferença entre a cota máxima (cabeceira) e a cota mínima (fôz) do curso d'água principal pelo seu comprimento. A declividade do álveo representa a declividade dos canais fluviais, que define a velocidade de escoamento de um rio.

Ordem dos cursos d'água

O fator Ordem dos Cursos D'Água evidencia o grau de ramificação ou bifurcação dos rios dentro da bacia. Neste estudo, utilizou-se a classificação proposta por Strahler (1957), em que todos os canais que iniciam a rede de drenagem são designados de primeira ordem. Quando dois

canais de primeira ordem se unem é formado um rio de segunda ordem, e a união de dois canais de segunda ordem forma um de terceira ordem e assim sucessivamente.

Densidade de drenagem

O fator Densidade de Drenagem indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. A densidade de drenagem é calculada pela seguinte equação:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

onde: Dd densidade de drenagem (km/km²), L comprimento total dos cursos d'água (km) e A a área de drenagem (km²).

Índice de sinuosidade

O Índice de sinuosidade indica a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal. A equação para cálculo do índice de sinuosidade é descrita como:

$$Is = \frac{L}{Dv}$$

onde: Is é o índice de sinuosidade, L comprimento do canal principal e Dv é a distância vetorial do canal principal.

Fator de Assimetria

O Fator de Assimetria de uma bacia reflete o componente de deslocamento lateral do seu rio principal, perpendicularmente à direção de seu eixo. Esta migração é causada por processos fluviais internos e/ou forças tectônicas. O fator de assimetria é calculado pela seguinte fórmula:

$$FA = 100 * \left(\frac{Ad}{At} \right)$$

onde: FA é o fator de assimetria, Ad área da margem direita da bacia de drenagem e At área total da bacia de drenagem.

Resultados e discussão

A tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros morfométricos calculados para a bacia hidrográfica Vargens de Caldas. De acordo com

os resultados obtidos, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica Vargens de Caldas é de 3ª ordem, com área de drenagem de 42,45km² e perímetro de 29,25km. O coeficiente de compacidade mostra-se próximo da unidade (1,27); esse valor, associado ao fator de forma (0,22), indica que a bacia possui formato semelhante ao de uma circunferência, correspondendo, portanto, à forma mais próxima de bacia circular.

Pode-se inferir que a bacia apresenta maior risco de cheias, em função de apresentar coeficiente de compacidade baixo e de seu fator de forma exibir valor alto. Sendo propensa a cheias, a bacia gera por consequência um desequilíbrio no seu comportamento hidrológico, principalmente ocorrência de vazões de pico acima do valor máximo considerado para a capacidade das obras de drenagem, dentre outros. Tal fato pode ainda ser comprovado pelo índice de circularidade, que apresenta um valor de (0,61), indicando que o perímetro da bacia se apro-

xima da forma circular, favorecendo os processos de inundação. Em outros termos, toda vez que um evento de precipitação intensa cubra toda a extensão da bacia, concentra-se grande volume de água em um único ponto, que é seu curso d'água principal.

A densidade de drenagem obtida foi 1,62 km/km². Segundo Villela & Mattos (1975), os valores de densidade de drenagem podem variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas. Assim, a bacia em estudo pode ser enquadrada com média capacidade de drenagem.

O sistema de drenagem, de acordo com a hierarquia de Strahler (1957), é de terceira ordem, indicando que é pouco ramificado (Fig. 2). Uma vez que a margem direita do ribeirão das Vargens possui menor área e associa-se a baixa declividade do terreno, deduz-se que o tempo que a água das precipitações leva para atingir o curso d'água principal é lento. Em contraposição, a margem esquerda

exibe maior área e está associada a maior declividade, fatores que fazem com que a contribuição de escoamento superficial seja rápida, mesmo não havendo afluentes de grandes dimensões.

O fator de assimetria encontrado foi inferior a 50; isso indica que a área da margem esquerda do canal principal é predominantemente superior à da margem direita, indicando que o terreno deva ter sofrido basculamento de blocos para a margem direita. A rede de drenagem, originalmente dendrítica, foi redirecionadas a partir do basculamento de blocos devido a causas tectônicas.

Segundo Keller & Pinter (1996), se o fator de assimetria exibir valor maior que 50 tem-se basculamento para a esquerda da bacia, se o fator de assimetria for menor que 50, indica basculamento para a sua direita. Entretanto, quando o fator de assimetria é muito inferior ou muito superior a 50, a bacia tem grande probabilidade de ser tectonicamente controlada.

O ribeirão das Vargens apresenta índice de sinuosidade de (1,66), indicando que o canal tem formas transitórias, regulares e irregulares. De acordo com Lana et al. (2001), a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação

Tabela 2. Resultados dos parâmetros morfométricos obtidos da bacia hidrográfica Vargens de Caldas

Características Geométricas		
Parâmetros	Valores	Unidades
Área de Drenagem	42,45	km ²
Perímetro	29,25	km
Coeficiente de compacidade	1,27	Kc
Fator de forma	0,22	F
Índice de circularidade	0,61	IC
Índice de sinuosidade	1,66	Is
Padrão de drenagem	dendrítico	
Características do Relevo		
Declividade mínima	1,0	%
Declividade média	3,31	%
Declividade máxima	40	%
Altitude mínima	1250	m
Altitude média	1318	m
Altitude máxima	1480	m
Amplitude altimétrica	230	m
Declividade do álveo	12,59	m/km
Características da Rede de Drenagem		
Comprimento total dos Canais	69,17	km
Comprimento do canal principal	13,89	km
Ordem da bacia (Strahler 1957)	3	
Densidade de drenagem	1,62	km/km ²
Fator de Assimetria	42	

Tabela 3. Distribuição das classes de declividade da bacia hidrográfica Vargens de Caldas

Declividade - (%)	Relevo	Área (km ²)	% da bacia
0 - 3	Várzea	10,951	25,79
3 - 6	Plano a suave ondulado	1,7255	4,06
6 - 12	Suave ondulado a ondulado	6,644	15,65
12 - 20	Ondulado a forte ondulado	11,1696	26,31
20 - 40	Forte ondulado a montanhoso	10,2664	24,18
> 40	Montanhoso	1,6918	3,98

litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais Fig.3.

A altitude na bacia hidrográfica variou de 1.250 m a 1.480 m, sendo a altitude média de 1.318 m. A declividade média encontrada na bacia hidrográfica foi de 3,31%, sendo um valor condizente com o relevo ondulado da região. Na tabela 3, mostra-se a reclassificação da declividade e as informações quantitativas associadas. Observa-se também que grande parte do relevo da bacia corresponde a ondulado a forte ondulado (faixa de declividade de 12-20%), representando 26,31% da área total da bacia. Há forte predominância também de formação de áreas de Várzeas (faixa de declividade de 0-3%), representando 25,79% da área total.

A declividade média de uma bacia hidrográfica é relevante no planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e possui

importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. A ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada a maior declividade, conduzirá a maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia a degradação. Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial.

Conclusão

A partir da análise dos dados morfométricos e a interpretação dos resultados obtidos nas condições atuais da bacia hidrográfica pode-se concluir que:

- A bacia hidrográfica Vargens de Caldas aponta

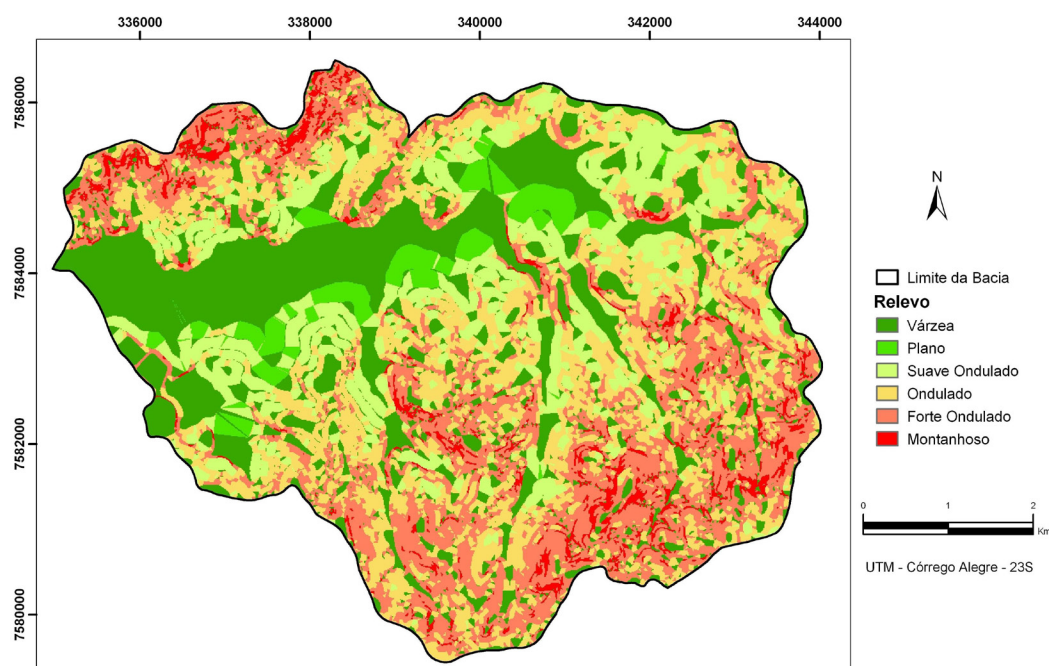


Figura 3. Distribuição da declividade de acordo com a área da bacia hidrográfica Vargens de Caldas

para uma bacia de forma mais circular, evidenciando maior susceptibilidade a enchentes acentuadas. A bacia é assimétrica, sendo sua margem direita marcadamente menor que a esquerda, indicando influências estruturais e basculamento das rochas na bacia;

- A declividade média encontrada na bacia foi de 3,31%, caracterizando o relevo como ondulado a forte-ondulado, drenagem deficiente ($Dd = 1,62 \text{ km/km}^2$) e altitude média é de 1.318m. Os parâmetros exercem grande influência sobre o escoamento superficial, o que influencia no tempo de concentração de água na bacia, na magnitude dos picos de enchente, na maior ou menor infiltração da água e na susceptibilidade à erosão dos solos dependendo da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

O padrão de drenagem formado pelos cursos d'água caracteriza-se como do tipo dendrítico, com baixo grau de ramificação (ordem 3).

Conclui-se que a análise morfométrica de bacias hidrográficas constitui elemento importante para melhor compreensão de diversas questões associadas à dinâmica hidrológica e ambiental. Dessa forma, nenhum dos parâmetros morfométricos, deve ser entendido como isoladamente capaz de simplificar a complexa dinâmica de uma bacia hidrográfica, a qual tem variação temporal.

Referências

- Alberti H.L.C. 2008. *Caracterização fisiográfica e avaliação hidrológica na bacia do Ribeirão das Antas, Planalto de Poços de Caldas, MG*. Univ. Est. Campinas, Unicamp, SP. (Dissert. Mestr.).
- Cardoso C.A., Dias H.C.T., Soares C.P.B., Martins S.V. 2006. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Viçosa, MG, *Revista Árvore*, **30**(2):241-248
- Castro S.B., Carvalho T.M. 2009. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Scientia Plena*, **5**(2)025401-1:1-7.
- Christofolletti A. 1980. *Geomorfologia*. 2ª Ed. Edgar Blücher. 280p.
- De Biase M. 1993. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. São Paulo, *Rev. Geografia*, **6**:45-60.
- Keller E.A., Pinter N. 1996. *Active Tectonics: earthquakes, uplift, and landscape*. New Jersey: Prentice-Hall. 338p.
- Lana C.L., Alves J.M.P., Castro P.T.A. 2001. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG- Brasil. Ouro Preto, *Rev. Esc. Minas - REM*, **54**(2): 121-126.
- Lima W.P. 1986. *Princípios de Hidrologia Florestal para o manejo de bacias hidrográficas*. São Paulo: Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz". 242p.
- Moraes F.T. 2008. *Zoneamento geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análises fisiográfica e pedostratigráfica*. Rio Claro/SP, Inst. Geoc. Ciênc. Exatas, Univ. Est. Paulista. 173 p. (Tese Livre Doc.).
- Neto R.T.L., Sousa C.A.V., Mendonça L.A.R., Gonçalves J.Y.B., Pereira, J.A., Frischkorn H. 2008. Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/ CE. Ouro Preto, *Rev. Esc. Minas - REM*, **61**(3):365-369.
- Santos C.A., Sobreira F.G. 2008. 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. Ouro Preto, *Rev. Esc. Minas - REM*, **61**(1):77-85.
- Teodoro V.L.I. et al. 2007. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*, (20):137-155.
- Villela S.M., Mattos A. 1975. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 245p.

Resumo: O objetivo deste trabalho foi estudar a morfometria da bacia hidrográfica do rio Vargens de Caldas, Poços de Caldas, MG. Inicialmente gerou-se um Modelo Digital de Elevação a partir de dados de altimetria discriminados em curvas de nível, que foram extraídas de carta plani-altimétrica IBGE, escala 1:50.000, em ambiente de sistemas de informações georreferenciadas. A área de drenagem encontrada foi 42,45 km² e o perímetro de 29,25 km. Constatou-se, pela morfometria, que a bacia hidrográfica Vargens de Caldas aponta para a forma circular, coeficiente de compacidade de 1,27, fator de forma de 0,22 e índice de circularidade de 0,61. A bacia apresenta baixa densidade de drenagem, indicando média capacidade de drenagem. As características morfométricas indicaram alta susceptibilidade a inundações. Precipitações intensas podem ocorrer ao longo da bacia, e concentrar grandes volumes de água no principal tributário. Conclui-se que análises morfométricas de bacias hidrográficas constituem elementos importantes para compreender diversas questões associadas à dinâmica hidrológica e ambiental de uma dada bacia hidrográfica. Os parâmetros morfométricos devem ser analisados conjuntamente para representar a complexa dinâmica de uma bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Poços de Caldas, susceptibilidade a inundação, caracterização morfométrica.