



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA ÁREA DAS NASCENTES DO RIO PARDO PEQUENO EM DIAMANTINA – MG EMPREGANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Ana Clara Mendes Caixeta (a), Juliano Alves de Senna (b) e Alessandra
Mendes Carvalho Vasconcelos (c)

^{(a) (b)} Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (LGSR), Centro de Estudos em Geociências (CeGeo), Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), ana.caixeta@ict.ufvjm.edu.br;

^(b) jsenna@ict.ufvjm.edu.br;

^(c) Laboratório de Análises de Mudanças Ambientais e Climáticas – LAMAC, Centro de Estudos em Geociências (CeGeo), Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), alessandra.carvalho@ict.ufvjm.edu.br

Eixo: Dinâmica e gestão de bacias hidrográficas

Resumo/

Este estudo tem o objetivo de caracterizar morfometria da área das nascentes do Rio Pardo Pequeno com as ferramentas de geoprocessamento. A metodologia foi dividida em três etapas: (i) pré-processamento, (ii) processamento (geometria, relevo e drenagem) e (iii) geração dos mapas finais no *software* Arcgis. Após a análise morfométrica verificou-se que a área de estudo possui características para a ocorrência da inundação. O canal é retilíneo e o coeficiente de compacidade (kc) (1,22) e a área adjacente ao canal principal e nas áreas de nascentes possuem uma declividade baixa favorecendo um escoamento superficial lento e a infiltração. Já nas áreas das vertentes a declividade aumenta ocorrendo o favorecimento do escoamento superficial e a redução da infiltração. Entretanto, o fator de forma (kf) (0,38) e uma boa drenagem não favorecem a formação da inundação. Assim, a área de estudo poderia ser classificada como uma área moderada à inundação.

Palavras chave: Diamantina, morfometria, inundação, bacia hidrográfica.

1. Introdução

A bacia hidrográfica pode ser compreendida como a área drenada de um rio e seus afluentes. A área limite é determinada pelos divisores de águas, que estão situados nas



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

maiores cotas da bacia. As nascentes estão próximas aos divisores de água, com uma vazão menor, que aumenta ao longo do rio, e é um ambiente vulnerável a intempérie.

De acordo com a Lei Federal nº 12.561 de 25 de maio de 2012 as nascente são compreendidas como “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água.” (Lei Federal nº 12.561 de 25 de maio de 2012 no Art. 1 – XVII). Porém, nesses cursos de água não ocorrem um planejamento adequado. Como, por exemplo, a ocupação das áreas de inundação dos canais, o desmatamento nas áreas de preservação permanente (APP), uso inadequado nos locais adjacentes aos canais (indústrias, agropecuária e urbanização), entre outros.

O geoprocessamento é uma ferramenta para analisar de forma ágil, dinâmica e confiável. Com a aplicação desta ferramenta é possível realizar uma caracterização das informações, meio físico, biótico, ambiental e antrópico. A base de informações determinadas possibilita a projeção de cenários, simulações e a geração de novas informações.

Desta forma, utilizando o geoprocessamento, é possível realizar a caracterização morfométrica abordando diversos parâmetros, dentre os principais para a análise de inundação está à drenagem, o relevo e a geometria. De posse destes dados é possível realizar análise, conforme o Villela e Mattos (1975), “a magnitude dos picos de enchente e a maior ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre o terreno da bacia” (VILLELA, MATTOS, 1975, p. 18).

Assim, este estudo tem o objetivo de caracterizar morfometria da área das nascentes do Rio Pardo Pequeno com ferramentas de geoprocessamento. Este rio é afluente do rio Parto Grande que irá desaguar no rio das Velhas, que é um dos principais rios de Minas Gerais. Além disso, o rio das Velhas desagua no São Francisco, que possui uma relevância nacional. Desta forma, estas nascentes fazem parte da principal rede de drenagem nacional.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2. Área de estudo

A área da nascente do Rio Pardo Pequeno é de 13,24 km², está situado na região sul do município de Diamantina com aproximadamente 12 km da cidade de Diamantina nas coordenadas 7982664 m Sul e 647376 m Oeste do fuso 23S. O Rio Pardo Pequeno faz parte da divisa dos municípios de Gouveia e Monjolos como pode ser visualizado na Figura 1.

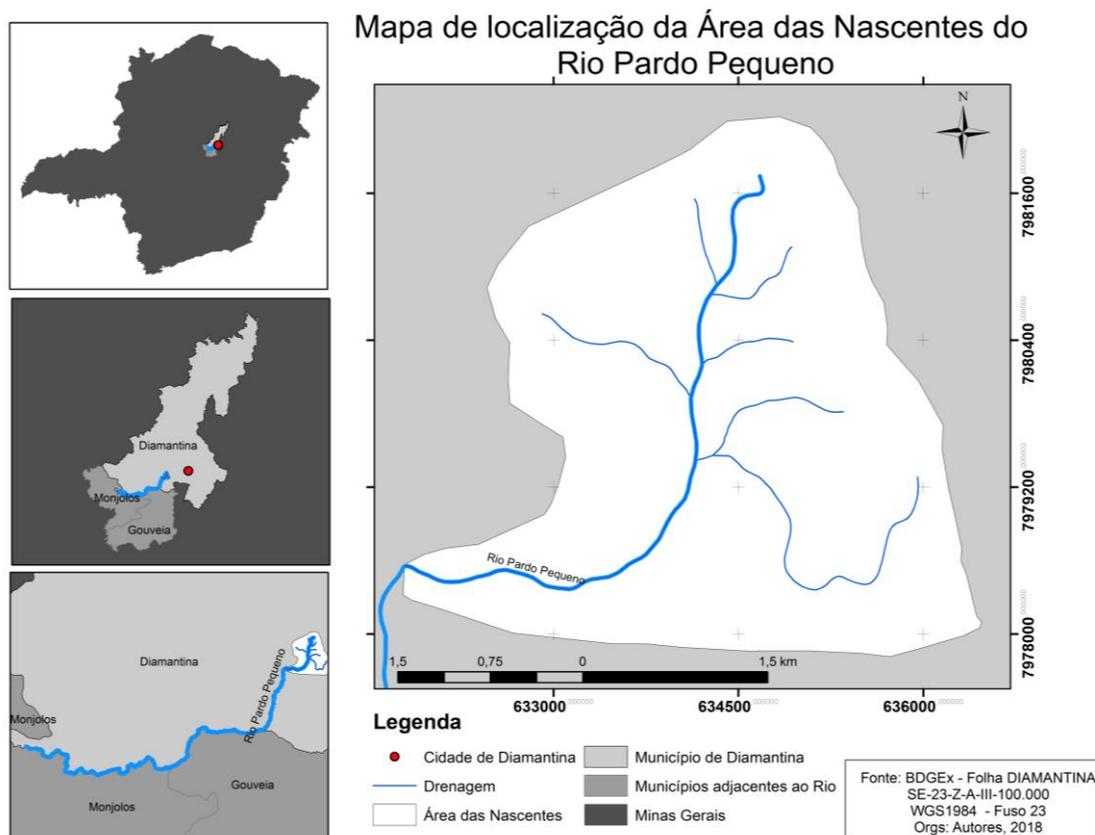


Figura 1 – Localização da área de estudo

De acordo com Santos (2012) as áreas próximas ao canal principal são deprimidas e a área das nascentes e nos divisores de água estão presentes o compartimento “escarpas quartzíticas” (SANTOS, 2012). O clima da região da área de estudo, de acordo com Ayoade (2004), utilizando a proposta por Köppen, é classificado como Cwb-mesotérmico, sendo este



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

tropical de altitude com inverno seco e verão úmido. Conforme Santos (2012) a vegetação da área de estudo pode ser dividida em duas características principais: nas áreas mais elevadas apresenta uma vegetação rupestre com campos limpos (geralmente sobre os quartzitos) e nas áreas não tão elevadas a apresenta o cerrado, com diferentes formações vegetais (SANTOS, 2012).

3. Materiais e métodos

Para realizar este trabalho, utiliza-se como base a carta topográfico do Ministério do Exército de 1984 na escala 1:25000 e a carta topográfica de Diamantina-SE-23-Z-A-III na escala 1:100000 da CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais) – 2017. De posse desta base, realiza-se o (i) pré-processamento dos dados com a conversar de coordenadas para UTM e o pixel para metros. Na etapa seguinte, ocorre o processamento dos dados, que é o calculo dos parâmetros analisados: área, perímetro, índice de compacidade, fator de forma, altitude, declividade, padrão de drenagem, hierarquia fluvial e sinuosidade do curso d'água.

Os cálculos foram determinados no estudo de Christofletti (1980) e Villela & Mattos (1975) com base no principio determinado por Horton. Assim, para compreender os cálculos realizados segue a descrição e as equações utilizadas. Primeiramente, o índice de compacidade ou índice de Gravelius (K_c) (Equação 1) é a relação da forma da bacia com um círculo. O resultado obtido nesta equação é adimensional e o valor gerado quanto for mais próximo de 1 (um) maior a probabilidade de ocorrer inundação. Pois, a forma da bacia ficará parecida com um círculo, possibilitando o escoamento superficial da bacia tenha o mesmo raio (VILLELA, MATTOS, 1975).

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Sendo que:

P = perímetro da bacia (km),



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A = área da bacia (Km²).

O fator de forma (k_f) (Equação 2) é a relação da divisão da área pelo comprimento da bacia pelo o comprimento axial da bacia (L). Quanto menor o produto deste parâmetro, menor probabilidade de ocorre inundação e sua forma é alongada não ocorre uma chuva com a mesma intensidade em toda dimensão. Já, quando o k_f possui maiores valores aumenta a possibilidade de ocorre a inundação (VILLELA, MATTOS, 1975).

$$k_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Outro parâmetro proposto por Villela e Mattos (1975) é a densidade de drenagem. Esta é determinada pela razão entre o comprimento total dos canais (L) e a área da bacia (A) (Equação 3). Para ter um parâmetro de análise de acordo com Igawa e Barreiros (2017) “as bacias pouco drenadas aquelas que possuírem índice de 0,5km/km² e com boa drenagem as que possuírem valores de densidade de 3,5 km/km² ou superior a esse valor (...)” (IGAWA E BARREIROS, 2017, p. 2794). Assim, conforme o produto deste parâmetro cresce, a inundação cresce proporcionalmente.

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (3)$$

Na análise da velocidade do escoamento superficial aborda a sinuosidade do curso d'água (Equação 4) é a relação entre o comprimento do rio principal (L) e o comprimento do talvegue (L_t) (VILLELA, MATTOS, 1975). Este parâmetro é fundamental para a consolidação das inundações, principalmente nas áreas adjacentes aos canais.

$$Sin = \frac{L}{L_t} \quad (4)$$

E para finalizar os parâmetros da drenagem calcula-se o coeficiente de manutenção (Equação 5), que é a área mínima para a existência do canal. Conforme Christofletti (1980) “proposto por S.A. Schumm, em 1956, esse índice tem finalidade de fornecer a área mínima



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 117).

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad (5)$$

Sendo,

Cm = coeficiente de manutenção;

Dd = densidade de drenagem (m).

Nos parâmetros de altimetria e declividade empregam-se as interpolações de dados das curvas de níveis no programa ArcGIS 10.2 utilizando as cartas topográfica já mencionada. Após, este processamento ocorreu a averiguação dos dados no Google Earth e em campo. E por fim, (iii) análise final dos dados com a geração dos mapas finais.

4. Resultados e discussão

Os resultados das características morfométricas foram divididos em três características principais: geométrica, rede de drenagem e relevo (Quadro 1). As características geométricas abordam a sua forma e medidas, que, para a análise de forma gerar a inundação, o coeficiente de compacidade (k_c) foi de 1,22, que está próximo a 1. Mas ao analisar o fator de forma (k_f), que foi baixo no valor de 0,38, nota-se que a bacia não contribui para a formação da inundação. Ao analisar as características do relevo observa-se um intervalo de 250 m na área de estudo, com uma média de 1350 metros e toda a área contempla uma altitude elevada (acima de 1250 m).

Por fim, as características da drenagem com o total dos canais com uma extensão de 14,03 km e o canal principal com 5,58 km. Estes valores dão base para o cálculo da densidade de drenagem que foi de 1,05 km/km², que possibilita um bom escoamento superficial, visto que a bacia é classificada com boa drenagem. Entretanto, ressalta-se que um bom escoamento



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

superficial não significa que a inundação não possa ocorrer, sendo necessário analisar este índice com os outros índices de drenagem e a declividade.

Outro índice fundamental é a sinuosidade do canal principal. Neste estudo, foi abaixo de 1,12, que é característica do canal ser retilíneo, não tendo uma influência significativa no escoamento superficial com as variações das margens. Já a área mínima para a manutenção da que foi 0,94 km²/km, que é menos de 10% da área da bacia. Os resultados dos morfométricos da bacia são apresentados no Quadro 1.

A formação geológica da área das nascentes da Bacia na cota de 1450 apresenta a formação São João da Chapada, passando para a cota de 1350 até 1420 a formação Sopa-Brumadinho e por fim, na cota de aproximadamente 1350 a formação Galho do Miguel. Desta forma, o padrão de drenagem da área de estudo é dendrítica, que é semelhante a uma configuração de uma árvore com ramificações em todas as direções, que se unem formando ângulos agudos de graduações variadas.

Características	Parâmetro	Valores
Geometria	Área de drenagem (A)	13,24 km ²
	Perímetro (P)	15,98 km
	Coeficiente de compacidade (K _c)	1,22
	Fator de forma (k _f)	0,38
Relevo	Altitude mínima	1250 m
	Altitude média	1350 m
	Altitude máxima	1500 m
Drenagem	Comprimento total dos canais	14,03 km
	Comprimento do canal principal (L _p)	5,58 km
	Densidade de drenagem (Dd)	1,05 km/km ²
	Ordem de Straler	3 ^a ordem
	Sinuosidade do rio principal	1,12
	Coeficiente de Manutenção	0,94 km ² /km
	Padrão de drenagem	Dendrítica

Quadro 1 – Características Morfométricas da bacia formada pelos canais de nascente do Rio Pardo Pequeno

Na hierarquia fluvial, observa-se a classificação de Strahler (Figura 2) da área de estudo com 7 canais de primeira ordem, 2 de segunda ordem e 1 de terceira ordem. Observa-



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

se que todos os canais classificados como de primeira ordem são nascentes do Rio Pardo Pequeno.

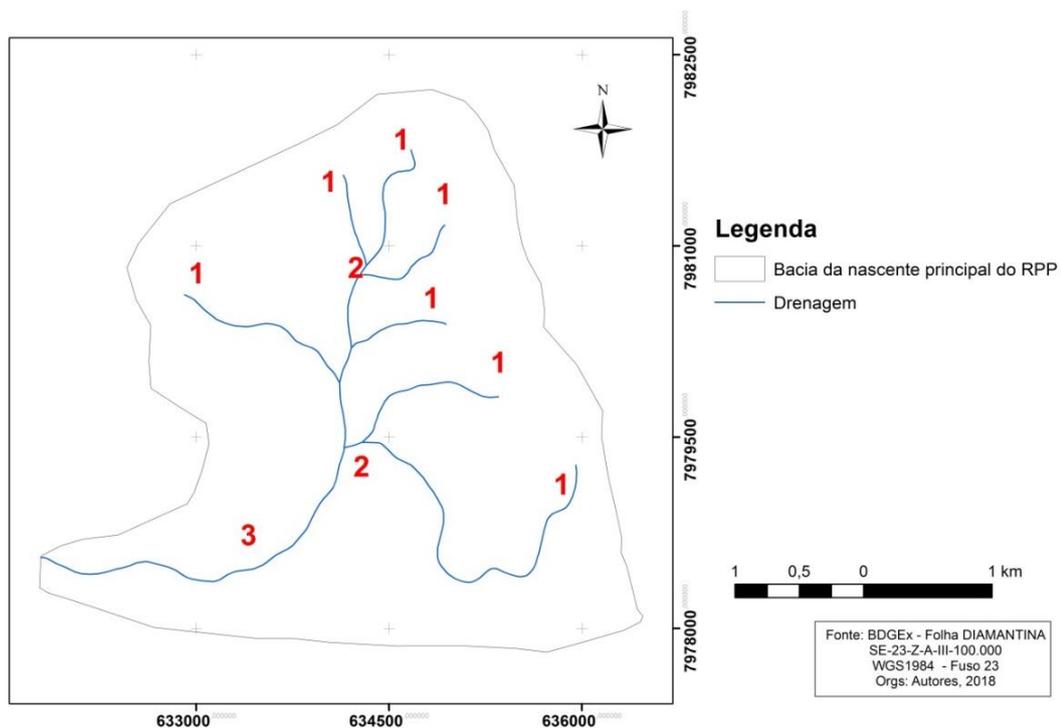


Figura 2 – Classificação de Strahler na Hierarquia Fluvial área das nascentes do Rio Pardo Pequeno

Com a interpolação das curvas de níveis gerou-se o mapa de hipsometria (Figura 3), que possibilita a análise da morfologia do terreno com a verificação no Google Earth e em campo. Na Figura 3, observa-se a área adjacente ao canal principal com uma cota no intervalo de 1275 – 1300, que possibilita uma variação de 25 metros em seções de aproximadamente 550 m.

Nesta mesma Figura, comparam-se as duas vertentes no canal principal com comportamento do relevo bem distintos. Na vertente do lado leste da área de estudo, nota-se um relevo suave que está sobre a formação Galho do Miguel. No lado oeste, verifica-se uma



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

significativa variação das cotas, visto que, neste lado, ocorrem todas as formações geológicas presentes na área de estudo.

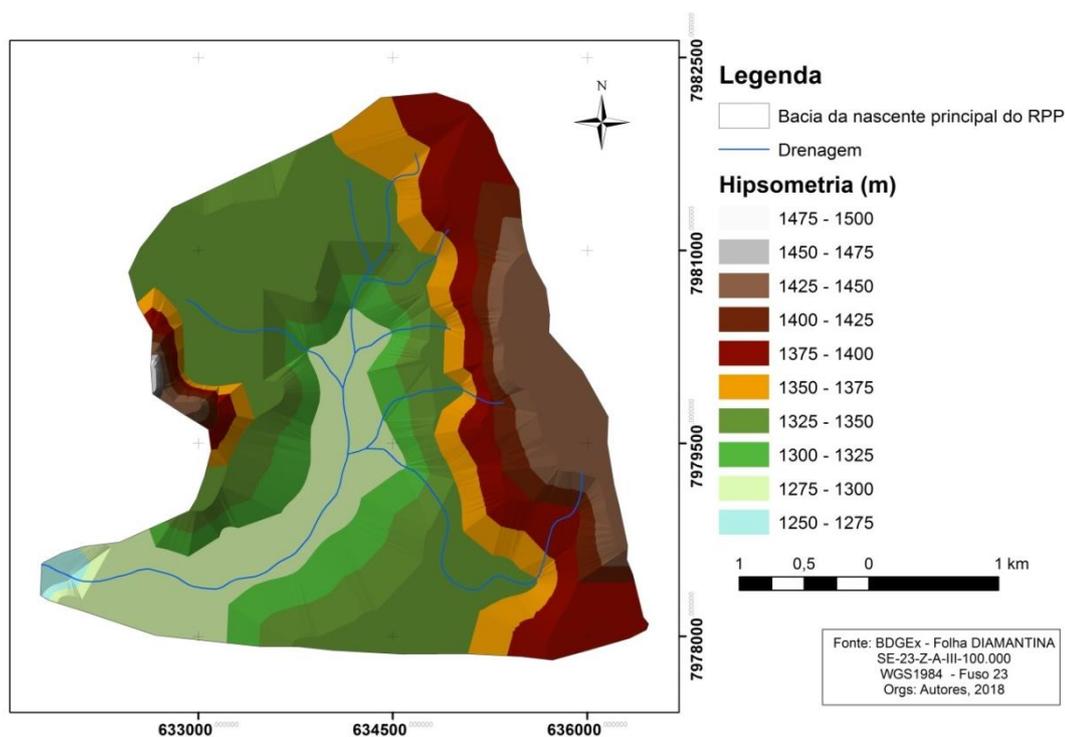


Figura 3 – Mapa Hipsometrico da área das nascentes do Rio Pardo Pequeno

Outro elemento fundamental para compreender a dinâmica hídrica é a declividade, pois baixas declividades contribuem para a infiltração e a redução da velocidade do escoamento superficial e a alta declividade ocorre o inverso. A Figura 4 apresenta a área próxima ao canal principal possui uma declividade de até $2,86^\circ$ favorecendo um escoamento superficial lento. Desta forma, ao saturar o solo no entorno do canal possibilitará a formação da inundação.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

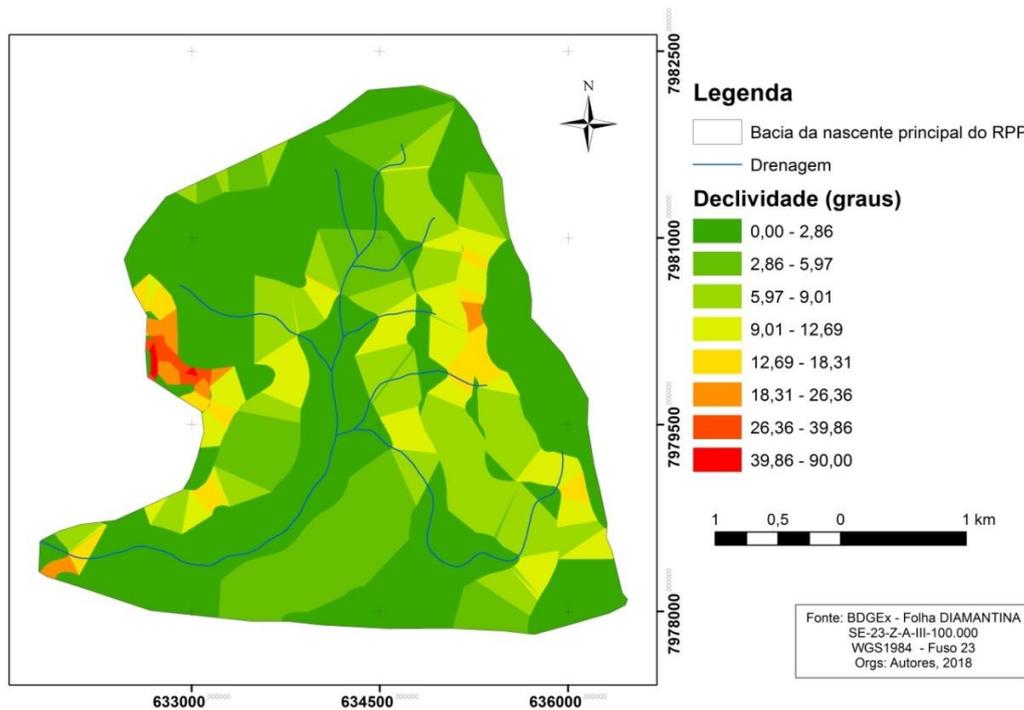


Figura 4 – Mapa de declividade da área das nascentes do Rio Pardo Pequeno

Ao analisar as áreas das nascentes, percebe-se que das 7 nascentes 5 estão abaixo de 5° e as outras 2 possuem aproximadamente 10° . Esta declividade comprova que a área das nascentes também possui uma baixa declividade não contribuindo para um rápido escoamento superficial. Mas ao analisar as vertentes dos canais, percebe-se que essa declividade cresce significativamente comparada com as outras declividades, chegando em uma média de 15° . Este cenário do aumento da declividade possibilita a formação de inundações nas áreas no entorno do canal.

5. Considerações finais

Após a análise morfométrica, percebe-se que a área das nascentes possui probabilidade de ocorrer inundações, principalmente com o canal retilíneo, o coeficiente de compacidade (k_c) (1,22) e o relevo. Com destaque para a área próxima ao canal principal, ela



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

possui uma declividade de até $2,86^\circ$ favorecendo um escoamento superficial lento e uma infiltração, isto ocorre também nas nascentes. Porém, nas vertentes correm a alta declividade com o favorecimento do escoamento superficial e a redução da infiltração.

Contudo, a área de estudo também apresenta o fator de forma (k_f) (0,38) e uma boa drenagem, que não favorecem a formação da inundação. Assim, a inundação será possivelmente formada nesta bacia, mas com um grande tempo de retorno. Estes parâmetros históricos são difíceis mensurações, pois no Brasil são escassos esses dados, que dificulta estes estudos.

Desta forma, a área de estudo poderia ser classificada como uma área moderada à inundação. Ressalta-se que ao alterar o uso do solo, reduz-se a infiltração e potencializa-se a formação da inundação nas áreas adjacentes ao canal. Assim, percebe-se que a inundação deve ser integrada ao planejamento ambiental local para preservar a área de cabeceira do canal.

6. Referências Bibliográficas

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 10ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2004.

Brasil. **Lei Federal nº 12.561** de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acessado em: 20 de dezembro de 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.

SANTOS, E. de C. **Levantamento pedológico e perda geoquímica na Bacia do Rio Pardo Pequeno – Espinhaço Meridional – Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, 2012.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

IGAWA, T. K.; BARREIROS, D. L. P. Análise das características morfométricas e susceptibilidade a enchentes na bacia hidrográfica do Rio Caeté, Nordeste do Pará por intermédio do uso de geotecnologias. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. 28 a 31 de maio de 2017 (ISBN:978-85-17-00088-1).

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