

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG

MAPEAMENTO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA FÁBRICA, MUNICÍPIO DE PATOS DE
MINAS - MG

TALLITA PEREIRA NAKANAMI NOGUEIRA

UBERLÂNDIA-MG
2017

TALLITA PEREIRA NAKANAMI NOGUEIRA

MAPEAMENTO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA FÁBRICA, MUNICÍPIO DE PATOS DE
MINAS – MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado,
área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade
Ambiental, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Roberto Rosa

Co-orientador

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

N778m Nogueira, Tallita Pereira Nakanami, 1991
2017 Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do
ribeirão da fábrica, município de Patos de Minas - MG / Tallita Pereira
Nakanami Nogueira. - 2017.
123 f. : il.

Orientador: Roberto Rosa.
Coorientador: Hudson de Paula Carvalho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
Inclui bibliografia.

1. Qualidade ambiental - Teses. 2. Bacias hidrográficas - Teses. 3.
Geoprocessamento - Teses. 4. Inundações - Teses. I. Rosa, Roberto. II.
Carvalho, Hudson de Paula. III. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU: 574

TALLITA PEREIRA NAKANAMI NOGUEIRA

MAPEAMENTO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA FÁBRICA, MUNICÍPIO DE PATOS DE
MINAS – MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado,
área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade
Ambiental, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 30 de março de 2017.

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho
(co-orientador)

UFU

Prof. Dr. Júlio César Neves dos Santos

IFTM

Prof. Dr. Roberto Rosa
ICIAG – UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me permitir trilhar esse caminho e realizar o mestrado.

Aos meus pais, Carlos e Elaine, pelo incentivo, paciência, compreensão e dedicação para que esse dia se tornasse realidade. Obrigada por estarem sempre do meu lado, a cada dia, se preocupando e torcendo por mim!

À minha irmã, que esteve sempre acompanhando o desenvolvimento desse trabalho, vendo minha dedicação e sacrifício. Obrigada pelas horas de conversas e pelo incentivo!

Ao meu irmão, que participou do dia-a-dia de viagens, estudos e ausência em alguns momentos.

Ao meu namorado, marido, amigo e companheiro, que esteve em todos os momentos comigo, sejam eles fáceis ou difíceis. Caminhamos lado a lado nessa jornada! Acompanhou minhas lutas e compreendeu minha ausência em vários momentos, obrigada por tudo!

À empresa Água e Terra Planejamento Ambiental onde trabalho, que me incentivou desde o primeiro momento em que recebi a notícia sobre a aprovação do mestrado. Obrigada pela compreensão em todos os momentos de ausência e confiança depositada em mim!

Ao meu coordenador e amigo Angelo, que esteve sempre do meu lado, me incentivando! Obrigada pela compreensão nos momentos em que precisei ir a Uberlândia e me ausentar dos trabalhos da empresa.

Aos meus colegas de trabalho, em especial Aninha, Guilherme e Ediane.

À Paula, amiga e companheira. O primeiro passo foi dado quando fomos morar juntas em Uberlândia. Apesar de não nos vermos todos os dias da semana, quando eu estava por lá, você acompanhou de perto minha luta e dedicação. Não posso deixar de citar nossas longas conversas e idas ao shopping, que era necessário para distrair a cabeça.

À Adriana, menina guerreira e de um coração imenso. Obrigada pelas companhias nas aulas, pelos momentos de paciência nos desabafos e contrariedades. Você já é uma vitoriosa!

À Virgínia, menina do coração de ouro e doce. Obrigada por me receber em sua casa e compreender todos os momentos dessa jornada, inclusive minha ausência. Vou sempre lembrar das horas de conversa e dos momentos juntas!

Ao amigo Ciro, pela paciência e companheirismo durante nossas idas a Uberlândia.

Ao meu orientador Roberto Rosa, pelas orientações e tempo dedicados ao desenvolvimento deste trabalho. Obrigada pela atenção e contribuição concedidas e pela confiança creditada a mim!

Ao meu co-orientador Hudson, que também contribuiu para a elaboração deste projeto. Obrigada pelas explicações e conselhos!

Aos funcionários da Prefeitura Municipal de Patos de Minas: César, Eni, Stella e Marcelo pela disponibilização de arquivos indispensáveis ao desenvolvimento deste projeto.

Aos colegas que contribuíram da melhor forma possível para o desenvolvimento deste trabalho, com muita paciência e prestatividade: Lorraine, Douglas, Sérgio, Patrícia, Lisiane.

Aos amigos, engenheiros: Lucas Queiroz e Gustavo Burgo.

Às minhas amigas que moram na minha cidade de origem (Betânia, Bia, Fabi, Cecella, Nathane, Jéssica, Nathanne Franciele) que acompanharam de perto minhas lutas e sacrifícios, e entenderem minhas ausências nos encontros.

Ao Ian que me auxiliou na verificação final da dissertação.

Aos funcionários da UFU pela disponibilidade e atenção com a formatação da dissertação.

*“Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco sei
Ou nada sei...”*

Almir Sater

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE FOTOS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.1 Hidrologia.....	3
2.1.1 Bacia hidrográfica e aspectos morfométricos.....	4
2.2 Fator de inundação.....	14
2.3 Geotecnologias aplicadas.....	22
2.4 Método de Análise Hierárquica de Processos - AHP.....	25
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
3.1 Inundações na área de estudo.....	34
3.2 Aspectos físicos e climáticos de Patos de Minas/MG.....	39
3.3 Histórico, aspectos sociais e econômicos.....	42
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.1 Aquisição e adequação de uma base de dados para a bacia do ribeirão da Fábrica.....	45
4.1.1 Mapa planialtimétrico – Patos de Minas/MG.....	45
4.1.2 Modelo Digital de Elevação (MDE) <i>Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)</i>	47
4.1.3 Junção dos arquivos e elaboração da base de dados.....	49
4.1.4 Imagem RapidEye.....	50
4.1.5 Delimitação da bacia hidrográfica.....	52
4.2 Dados morfométricos da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.....	53
4.3 Mapeamento de hipsometria da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.....	53
4.4 Mapeamento da declividade da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.....	54
4.5 Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal nativa da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.....	55
4.6 Mapeamento da suscetibilidade a inundação da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.....	58

4.7 Método AHP na análise da suscetibilidade a inundação	62
4.7.1 Cenário 1	63
4.7.2 Cenário 2	66
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
5.1 Análise morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica	68
5.2 Hipsometria	72
5.3 Declividade	74
5.4 Uso da terra e cobertura vegetal nativa	76
5.5 Suscetibilidade a inundação	81
5.5.1 Cenário 1	81
5.5.2 Cenário 2	84
5.5.3 Avaliação dos cenários	87
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS	95
ANEXO A	104
ANEXO B	107
ANEXO C	112

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Componentes principais de uma bacia hidrográfica.....	4
FIGURA 2 - Ilustração da precipitação que atinge o solo.....	5
FIGURA 3 - Interceptação vegetal.....	6
FIGURA 4 - Exemplo de método de ordenação dos canais de uma bacia, pelo método de Sthraler.....	13
FIGURA 5 - Inundação de áreas ribeirinhas.....	14
FIGURA 6 - Área de inundação em bacias rurais e urbanas.....	16
FIGURA 7 - Aumento do nível de inundação.....	16
FIGURA 8 - Representação do leito menor e maior de um curso d'água.....	17
FIGURA 9 - Modificações no hidrograma de uma bacia rural para urbana.....	18
FIGURA 10 - Estágios de inundação em decorrência da construção de canais e da urbanização.....	18
FIGURA 11 - Determinação da CN.....	21
FIGURA 12 - Estrutura de níveis hierárquicos básica.....	26
FIGURA 13 - Ilustração de uma matriz de comparação pareada.....	27
FIGURA 14 – Divisão das sub-bacias na área urbana de Patos de Minas/MG.....	31
FIGURA 15 - Localização da bacia do Ribeirão da Fábrica.....	33
FIGURA 16 - Desastres naturais causados por inundação brusca nas mesorregiões Central Mineira, Noroeste Mineiro e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, em Minas Gerais, no período de 1991 a 2010.....	36
FIGURA 17 - Municípios atingidos por inundação brusca e ano de ocorrência.....	36
FIGURA 18 - Desastres naturais causados por inundação gradual em mesorregiões de Minas Gerais no período de 1991 a 2010.....	37
FIGURA 19 – Municípios atingidos por inundação gradual.....	37
FIGURA 20 - Abrangência da UPGRH PN 1.....	41
FIGURA 21 - Evolução da ocupação urbana.....	44
FIGURA 22 - Curvas de Nível de 5 metros da área urbana de Patos de Minas - MG (formato dxf).....	46
FIGURA 23 - Curvas de Nível de 5 metros da área urbana de Patos de Minas - MG (formato shp).....	46
FIGURA 24 - TIN das curvas de nível.....	46

FIGURA 25 - Zoom no arquivo TIN.....	46
FIGURA 26 - Arquivo raster das curvas de nível de 10 metros- Modelo Digital de Elevação.....	47
FIGURA 27 - Arquivo shp - Curvas de nível de 10 metros.	47
FIGURA 28 - Imagem SRTM disponibilizada gratuitamente pelo USGS.....	48
FIGURA 29 - Arquivo shp das curvas de nível com 30 metros de equidistância.	48
FIGURA 30 - Arquivo shp das curvas de nível com 10 metros de equidistâncias.....	48
FIGURA 31 - Arquivo gerado após a aplicação da função merge.	49
FIGURA 32 - Arquivo TIN.	50
FIGURA 33 - Arquivo raster.	50
FIGURA 34 - Imagem original RapidEye.	51
FIGURA 35 - Imagem após a composição RGB.....	51
FIGURA 36 – Delimitação da área da bacia hidrográfica e direção de fluxo.	53
FIGURA 37 - Vetorização em tela na imagem RapidEye de uma região localizada na bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.	57
FIGURA 38 - Parque Municipal do Mocambo.....	58
FIGURA 39 - Parque Municipal Mirante do Alto Colina.	58
FIGURA 40 – Etapa 1 do processo de análise da suscetibilidade a inundação.	58
FIGURA 41 – Etapa 2 do processo de análise da suscetibilidade a inundação.	59
FIGURA 42 - Cálculo realizado no ArcGIS.....	66
FIGURA 43 - Arquivo raster após a aplicação do filtro.....	66
FIGURA 44 - Cálculo realizado no ArcGIS.....	67
FIGURA 45 - Arquivo raster após a aplicação do filtro.....	67
FIGURA 46 – Análise morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.....	68
FIGURA 47 - Ordenação dos cursos d'água pelo método de Sthraler.....	71
FIGURA 48 - Mapa de Hipsometria da Bacia do Ribeirão da Fábrica.	73
FIGURA 49 – Distribuição hipsométrica da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.	74
FIGURA 50 - Mapa de Declividade da Bacia do Ribeirão da Fábrica.....	75
FIGURA 51 - Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa - bacia do ribeirão da Fábrica.	80
FIGURA 52 - Suscetibilidade a inundação - Cenário 1.....	82
FIGURA 53 – Mapa da suscetibilidade a inundação - Cenário 2.....	85

FIGURA 54 - Registro de inundação no ribeirão da Fábrica em 2015, no município de Patos de Minas - MG.	87
FIGURA 55 – Registro de inundação no córrego do Monjolo em 2013, no município de Patos de Minas – MG.....	87
FIGURA 56 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação.....	88
FIGURA 57 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação.....	90
FIGURA 58 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação.....	90
FIGURA 59 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação.....	91
FIGURA 60 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação.....	91
FIGURA 61 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação.....	92

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 - Fotografia do final da área canalizada em curso d'água.	32
FOTO 2 – Inundação que atingiu o bairro Jardim Paulistano, município de Patos de Minas – MG, em 1983 - margem do rio Paranaíba, na foz do ribeirão da Fábrica.	34
FOTO 3 - Inundação ocorrida no bairro Jardim Paulistano, município de Patos de Minas – MG, em 1983.	34
FOTO 4 - Inundação ocorrida no córrego do Monjolo, município de Patos de Minas - MG (vista da rua lateral).	38
FOTO 5 - Inundação ocorrida no córrego do Monjolo, município de Patos de Minas - MG (Avenida Fátima Porto).	38
FOTO 6 - Inundação no ribeirão da Fábrica.	39
FOTO 7 - Loteamentos.	77
FOTO 8 - Lavoura permanente (cafeicultura).	77
FOTO 9 - Lavouras temporárias (cultura de milho).	77
FOTO 10 - Solo exposto.	77
FOTO 11 - Silvicultura.	78
FOTO 12 - Construções rurais.	78
FOTO 13 - Pastagens.	78
FOTO 14 - Vegetação nativa.	78
FOTO 15 - Estradas não pavimentadas.	78
FOTO 16 - Áreas verdes/ lotes vagos.	78
FOTO 17 - Água (canal).	79
FOTO 18 - Área construída (com malha viária).	79
FOTO 19 – Vista à montante do Córrego do Monjolo (área canalizada).	88
FOTO 20 – Vista à jusante do córrego do Monjolo (área canalizada).	88
FOTO 21 – Afluente do córrego do Monjolo.	88
FOTO 22 – Canal existente em afluente do córrego do Monjolo, próximo ao Parque Municipal do Mocambo.	89
FOTO 23 - Canal em afluente do córrego do Monjolo.	89
FOTO 24 - Declividade acentuada próximo ao trecho.	89
FOTO 25 - Declividade acentuada próximo ao trecho.	89
FOTO 26 - Córrego Canavial ao fundo (indicado pela seta vermelha) e área de pastagem no em torno.	90

FOTO 27 – Avenida Marabá, próximo ao início do canal do córrego do Monjolo	91
FOTO 28 - Bairro totalmente urbanizado.....	91
FOTO 29 – Loteamento novo.....	92

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica.	8
TABELA 2 - Características de uma bacia rural para urbana.....	15
TABELA 3 - Escala Fundamental de Saaty.....	26
TABELA 4 – Valores de consistência aleatória (CA) em função da ordem da matriz (n).	29
TABELA 5 - Classes de hipsometria levantadas na área de estudo.	54
TABELA 6 – Classes de declividade identificadas na área de estudo.....	54
TABELA 7 - Chave de interpretação da área de estudo.	55
TABELA 8 - Notas estabelecidas a hipsometria segundo o nível de suscetibilidade a inundação.	60
TABELA 9 - Notas estabelecidas a declividade segundo o nível de suscetibilidade a inundação.	60
TABELA 10 - Classificação hidrológica e determinação do CN.	61
TABELA 11 - Organização dos elementos a serem julgados.....	63
TABELA 12 – Matriz de comparação pareada e soma dos elementos de cada coluna. 63	
TABELA 13 – Cálculo dos pesos para cada variável.	64
TABELA 14 – Normalização do autovetor.	64
TABELA 15 - Organização dos elementos a serem julgados.....	66
TABELA 16 – Matriz de Comparação Pareada.....	67
TABELA 17 - Análise morfométrica das sub-bacias da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.....	69
TABELA 18 - Classes de hipsometria levantadas na área de estudo.	72
TABELA 19 – Área representativa da declividade na área de estudo.....	76
TABELA 20 - Distribuição das classes de uso da terra e cobertura vegetal e sua representatividade na área de estudo.	76
TABELA 21 - Áreas representativas das classes de suscetibilidade a inundação – Cenário 1.....	81
TABELA 22 - Classes de suscetibilidade a inundação e as características específicas. 83	
TABELA 23 - Áreas representativas das classes de suscetibilidade a inundação – Cenário 2.....	84
TABELA 24 - Classes de suscetibilidade a inundação e as características específicas.. 86	

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CN	Curve Number
dec	Declividade
DPS	Departamento de Solos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEPAM	Fundação Educacional de Patos de Minas
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
HIDROTEC	Programa de pesquisa e desenvolvimento, direcionado à geração e transferência de tecnologia de suporte para o planejamento, dimensionamento, manejo e gestão de projetos envolvendo os recursos hídricos, no Estado de Minas Gerais
hip	Hipsometria
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	Identificador
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MNT	Modelo Numérico de Terreno
NRCS	Natural Resource Conservation Service
REIS	RapidEye Earth Imaging System
SCS	Soil Conservation Service
SI	Suscetibilidade a Inundação
SIG	Sistemas de Informações geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SBRF	Sub-bacia do ribeirão da Fábrica
SBCC	Sub-bacia do córrego Canavial
SBMJ	Sub-bacia do córrego Monjolo
TIN	Triangular Irregular Network
UPGRH	Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América
UTM	Universal Transversa de Mercator

RESUMO

NOGUEIRA, T. P. N. **Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica, município de Patos de Minas – MG.** 2017. 123 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹, 2017.

Este trabalho objetivou analisar as características morfológicas e elaborar mapas temáticos (hipsometria, declividade, uso da terra e cobertura vegetal nativa) da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica, localizada no município de Patos de Minas - MG, com vistas ao mapeamento de áreas suscetíveis à inundação. Para o diagnóstico das condições morfológicas da área de estudo, a mesma foi dividida em três sub-bacias: ribeirão da Fábrica (SBRF), córrego canavial (SBCC) e córrego do Monjolo (SBMJ). Os resultados apresentados demonstraram que a bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica não possui tendência à inundação, no entanto, em análise aos resultados de declividade média e sinuosidade dos cursos d'água, o ribeirão da Fábrica apresentou formato retilíneo, localizado em área plana, diferentemente de seus tributários, que possuem declividades maiores. Este fator aliado à urbanização e impermeabilização da área favorece o aumento do escoamento superficial e ocorrência de inundações de intensidade mediana neste local. Para obtenção do mapa de áreas suscetíveis a inundação foi integrado, no ArcGIS, os mapas temáticos, cujas classes identificadas em cada variável foram reclassificadas em notas de 0 a 10 de acordo com o nível de suscetibilidade à inundação. Para a reclassificação da variável de uso da terra e cobertura vegetal nativa foi utilizado como referência uma adaptação do Método do Número da Curva de Escoamento, que correlaciona o uso do solo e a resposta hidrológica. A identificação das áreas suscetíveis à inundação foi obtida por meio da aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* – AHP, proposto por Tomas L. Saaty, em que foi realizado o julgamento dos elementos par a par em uma matriz de comparação, sendo gerado um modelo matemático utilizado para o cruzamento dos mapas temáticos. Essa metodologia possibilitou a elaboração de dois cenários, sendo considerada ora a declividade mais fortemente importante que a hipsometria (cenário 1) e ora o contrário (cenário 2). Em análise as ocorrências de inundações registradas na área de estudo, o cenário 2 foi o que melhor representou espacialmente as áreas suscetíveis à inundação, sendo divididas em 05 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. A avaliação do cenário 2 permitiu inferir que a bacia possui média suscetibilidade a inundação (24,18%), sendo essa porcentagem próxima da classe alta (21, 05%) e baixa (21,72%). Em menor representatividade, foram identificadas as classes muito baixa e muito alta, sendo, esta última (18,57%) considerada como mais importante na análise do fator de inundação. A análise morfológica e o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação (classificada como muito alta) se complementaram, apresentando correlação direta com algumas áreas onde já haviam ocorrido inundações, principalmente nas regiões urbanizadas e planas. Verificou-se que as ocorrências de inundações no município são esporádicas, e que a bacia possui disposição a concentrar maior volume de água em áreas com declividade e altitudes baixas.

Palavras -chave: bacia hidrográfica, inundação, geoprocessamento, método AHP.

¹Orientador: Roberto Rosa

ABSTRACT

NOGUEIRA, T. P. N. **Mapping of the flood susceptibility at Fábrica creek drainage basin, Patos de Minas - MG.** 2017. 123 f. Dissertation (Master in Environmental and Environmental Quality), Federal University of Uberlândia, Uberlândia¹, 2017.

The objective of this study was to analyze the morphometric characteristics and elaborate thematic maps (hypsoetry, declivity, land use, and native vegetal coverage) of the Fabrica Creek, located in municipality of Patos de Minas City – MG, with focus on mapping flood susceptible areas. In order to diagnose the morphometric conditions, the area of study was divided in three sub- basins: Fabrica Creek (SBRF), Canavial Brook (SBCC) and Monjolo Brook (SBMJ). The results presented show that Fabrica Creek doesn't have flooding tendencies, nevertheless, by analyzing the results of the average declivity and sinuosity of the water courses, the same Creek presented rectilinear format, located in a flat area, differently from its tributaries, which possess bigger declivities. This factor, combined with the urbanization and waterproofing, favor the raise of the superficial outflow and the occurrence of mid-intensity flood in that place. To obtain the flood susceptible areas map, it was integrated to ArcGIS the thematic maps, whose classes, identified in each variable, were reclassified in 0 to 10 scores, depending on the level of the flood susceptibility. To reclassify the variable regarding the land use and native vegetal coverage, an adaptation of the Flow Curve Number Method, which correlates the soil use and hydrologic response was utilized. The identification of flood susceptible areas was obtained through the application of the Analytic Hierarchy Process – AHP, proposed by Thomas L. Saaty, in which the analysis of the elements was carried out in pairs in a comparison matrix, what generated a mathematic model utilized to cross the thematic maps. This methodology enabled the elaboration of two scenarios, being considered sometimes the declivity with considerable higher importance than hypsoetry (scenario 1), and sometimes the opposite (scenario 2). While analyzing the occurrences of flooding registered in the area of study, the scenario 2 represented better the space of flood susceptible areas, being divided in 05 classes: very low, low, medium, high and very high. The evaluation of scenario 2 allowed to infer that the basin has an average flood susceptibility (24,18%), being this percentage close to the high class (21,05%) and the low class (21,72%). In a lesser degree of representativeness, the classes very low and very high were identified, with this last class (18,57%) being considered as the most important for the analysis of the flooding factor. The morphometric analysis and the mapping of flood susceptible areas (classified as very high) complemented themselves, presenting a direct correlation with some areas, where some floods had occurred, mainly in urbanized and flat regions. It was verified that flood occurrences in the city council were sporadic, and that the basin has a disposition of concentrating a higher volume of water in areas with low declivity and altitudes.

Keywords: drainage basin, flood, geoprocessing, AHP method.

¹Adviser: Roberto Rosa

1 INTRODUÇÃO

As principais condicionantes que resultam em eventos de inundações é a interação de aspectos naturais e antrópico em uma bacia hidrográfica. A alteração do uso da terra e cobertura vegetal nativa, proveniente da ação antrópica, é um fator que acelera as modificações da paisagem e gerador de problemas ambientais.

Os problemas ambientais identificados no interior de uma bacia hidrográfica são a degradação ambiental, enchentes e inundações, escorregamentos de terra, erosão acelerada, entre outros. Segundo Moura et al. (2006) o diagnóstico sob a ótica desses problemas, pode ser realizado com o levantamento de informações acerca das características fisiográficas, que auxiliam projetos urbanos e rurais. É importante ressaltar que a frequência e intensidade das inundações também é resultado das alterações antrópicas, que promovem mudanças entre as taxas de infiltração e as de escoamento superficial (SILVEIRA et al., 1997).

Nesse contexto, o recurso hídrico e seu conjunto (bacia hidrográfica) são elementos importantes e devem ser preservados. Cunha e Guerra (1999) afirmam que uma bacia hidrográfica possui a função de integrar os setores naturais e sociais, devendo ser ministrada com o objetivo de minimização dos impactos ambientais.

O uso e ocupação do solo podem alterar as condições naturais do solo, através da impermeabilização causada pela urbanização e pela ocupação irregular em áreas de risco, próximas às áreas ribeirinhas (TUCCI, 1995). Dessa forma, as condições físicas da bacia aliada às intervenções antrópicas são fatores que contribuem para a ocorrência de inundação.

O município de Patos de Minas é composto por regiões que apresentam histórico em ocorrências de inundações, como na bacia do ribeirão da Fábrica, que abrange os cursos d'água: ribeirão da Fábrica, córrego do Monjolo e córrego Canavial. A bacia possui áreas totalmente urbanizadas, sendo que o período de intensificação da ocupação ocorreu nas décadas de 80 e 90. Atualmente, possui algumas regiões com condições naturais, em processo de expansão urbana.

Assim, as alterações que ocorrem no espaço natural e urbano podem ser identificadas e monitoradas por meio de técnicas específicas que auxiliam no processo de tomada de decisão. O geoprocessamento tem sido uma técnica muito utilizada para análise de dados ambientais em diversas áreas, como a utilização em diagnósticos e

mapeamentos de áreas suscetíveis à inundação. Segundo Rosa (1995) o uso de geoprocessamento em levantamentos e manipulação de dados em bacias hidrográficas apresentaram resultados positivos.

Dessa forma, este trabalho possui o objetivo de mapear as áreas suscetíveis a inundação na bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica, contribuindo para um melhor planejamento urbano. Os objetivos específicos consistem em:

- a) Analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica;
- b) Elaborar mapas temáticos: Mapa de Hipsometria, Mapa de Declividade, Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal Nativa;
- c) Identificar às áreas suscetíveis a inundação através da metodologia proposta por Saaty (1977) e elaborar Mapa de Suscetibilidade a Inundações.

A organização deste trabalho se divide em: **Introdução** – relato breve sobre o assunto da pesquisa, justificativa e objetivos; **Fundamentação Teórica** - descrição de conceitos principais em relação à bacia hidrográfica e problemas ambientais (inundação), geotecnologias aplicadas e descrição de principais métodos hidrológicos, bem como descrição de metodologia de análise de multicritério; **Localização e Caracterização da Área de Estudo** – apresenta a localização espacial da área em estudo, histórico de ocorrência de inundações, aspectos físicos e climáticos, histórico de ocupação e aspectos socioeconômicos; **Materiais e Métodos** - apresenta a organização e adequação da base de dados e metodologias utilizadas para a elaboração de mapas temáticos e para a identificação de áreas suscetíveis a inundação; **Resultados e Discussão** – apresenta a análise morfométrica, avaliação dos mapas temáticos elaborados, discussão sobre o mapeamento da suscetibilidade à inundação e avaliação dos cenários apresentados; **Considerações Finais** – apresenta uma avaliação dos resultados alcançados com o objetivo proposto, sob o enfoque da suscetibilidade a inundação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Hidrologia

Hidrologia é a ciência que estuda a água e suas inter-relações com o meio ambiente, ou seja, seus eventos, movimentação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, compreendendo sua relação com os seres vivos (CHEVALLIER, 1997).

Os eventos meteorológicos são fenômenos que geram os processos hidrológicos na bacia hidrográfica, cujo conhecimento quanto à previsão a médio e longo prazos não apresentam esclarecimentos determinísticos suficientes. Portanto, a avaliação da sazonalidade da ocorrência de precipitações, é realizada por meio de observações no passado (TUCCI, 1997).

Entende-se como precipitação toda água existente no ambiente atmosférico que alcança o meio terrestre. As formas de precipitações se distinguem pelo estado em que a água se encontra, por exemplo: neblina, orvalho, geada, neve, granizo, saraiva e chuva (BERTONI; TUCCI, 1997).

Na hidrologia existem fatores que se interagem com o ciclo da água, em um sistema hidrológico e, apresenta balanço hídrico de entradas, saídas e de armazenamento. Os fatores que se interagem dividem-se em climáticos, escoamento e característicos do meio receptor. O primeiro relaciona-se com a chuva, evapotranspiração e outros parâmetros indiretos, como radiações solares, temperaturas, entre outros. O fator de escoamento relaciona-se com as emissões e transporte de líquidos e sólidos, e parâmetros secundários ligados ao fator climático (nível da água, características da rede de drenagem, qualidade da água, reservatórios naturais ou artificiais, entre outros). As particularidades do meio receptor são aquelas relacionadas às condições do meio físico (geologia, relevo, topografia, solos, vegetação, entre outros) e ao uso e ocupação do solo (urbanização) (CHEVALLIER, 1997).

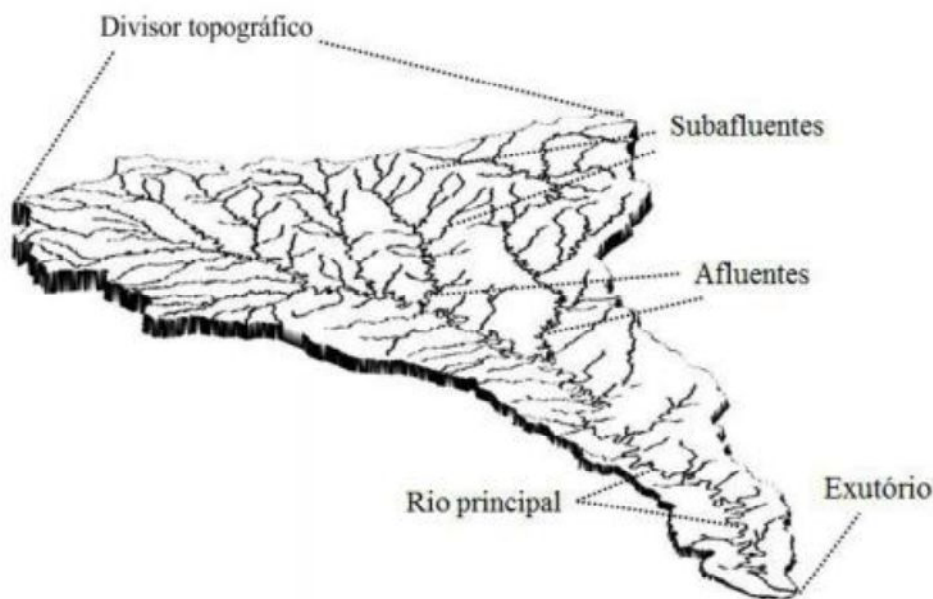
2.1.1 Bacia hidrográfica e aspectos morfométricos

A bacia hidrográfica é a unidade de planejamento que possui uma seção principal, composta por uma rede de drenagem, onde a água da chuva captada converge por gravidade até chegar a sua foz (TUCCI; MENDES, 2006).

São realizados balanços de entrada e saída em uma bacia hidrográfica, que permitem que sejam definidas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelas redes de drenagem (PORTO; PORTO, 2008).

Segundo os mesmos autores a determinação da área de uma bacia dependerá do que será analisado e diagnosticado a fim de resolver um problema de interesse. Portanto, a delimitação da bacia hidrográfica pode compor a nascente e rede de drenagem do rio até seu exutório, ou serem delimitadas sub-bacias, maiores ou menores, de acordo com os interesses de estudo. A FIGURA 1 apresenta os componentes principais de uma bacia hidrográfica.

FIGURA 1 - Componentes principais de uma bacia hidrográfica.



Fonte: Bernardi et al. (2012).

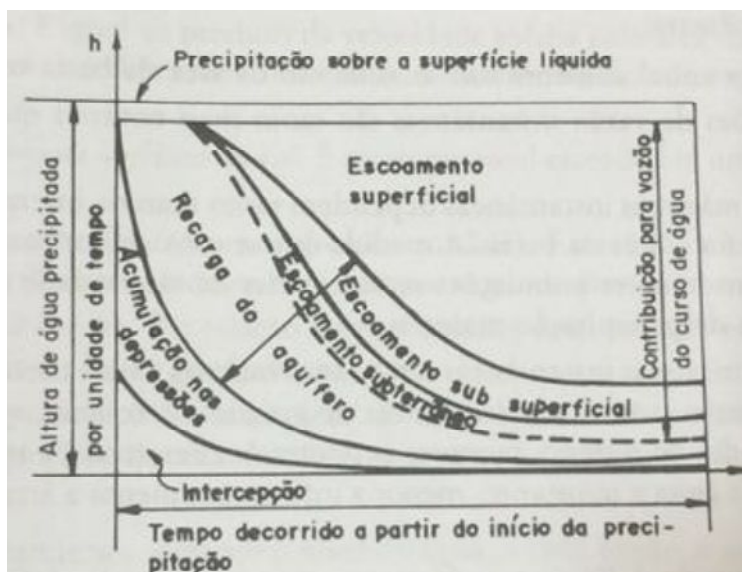
Considera-se que a bacia pode ser um sistema fechado, em que o volume de água da chuva é a entrada e o volume de água decorrente do escoamento pelo exutório (com as perdas de evaporação, transpiração e infiltração) é a saída. Em um evento específico, podem ser desconsideradas as perdas, e a análise da precipitação pode ser realizada pela

alteração da chuva em vazão, cuja representação corresponde ao hietograma (entrada) e hidrograma (saída) (SILVEIRA, 1997).

O ciclo hidrológico é responsável pelos fluxos de entradas e saídas de água na bacia hidrográfica. Este ciclo, que compreende os estados da água: líquido, vapor e sólido; ocupa diferentes ambientes, como o solo, corpos d'água, atmosfera. É válido mencionar que a função da hidrologia no contexto de bacia hidrográfica é a de transformar a precipitação (volume concentrado no tempo) em escoamento, distribuída no tempo (TUCCI, 1997).

Garcez e Alvarez (1988) afirmam que “a precipitação que atinge o leito do curso d'água ocorre por quatro vias: escoamento superficial, escoamento subsuperficial, escoamento subterrâneo e precipitação direta sobre a superfície líquida”. Apresenta-se na FIGURA 2 ilustração de uma precipitação constante, em que a evaporação foi desprezada, sendo insignificante durante o período de chuva.

FIGURA 2 - Ilustração da precipitação que atinge o solo.



Fonte: Garcez e Alvarez (1988).

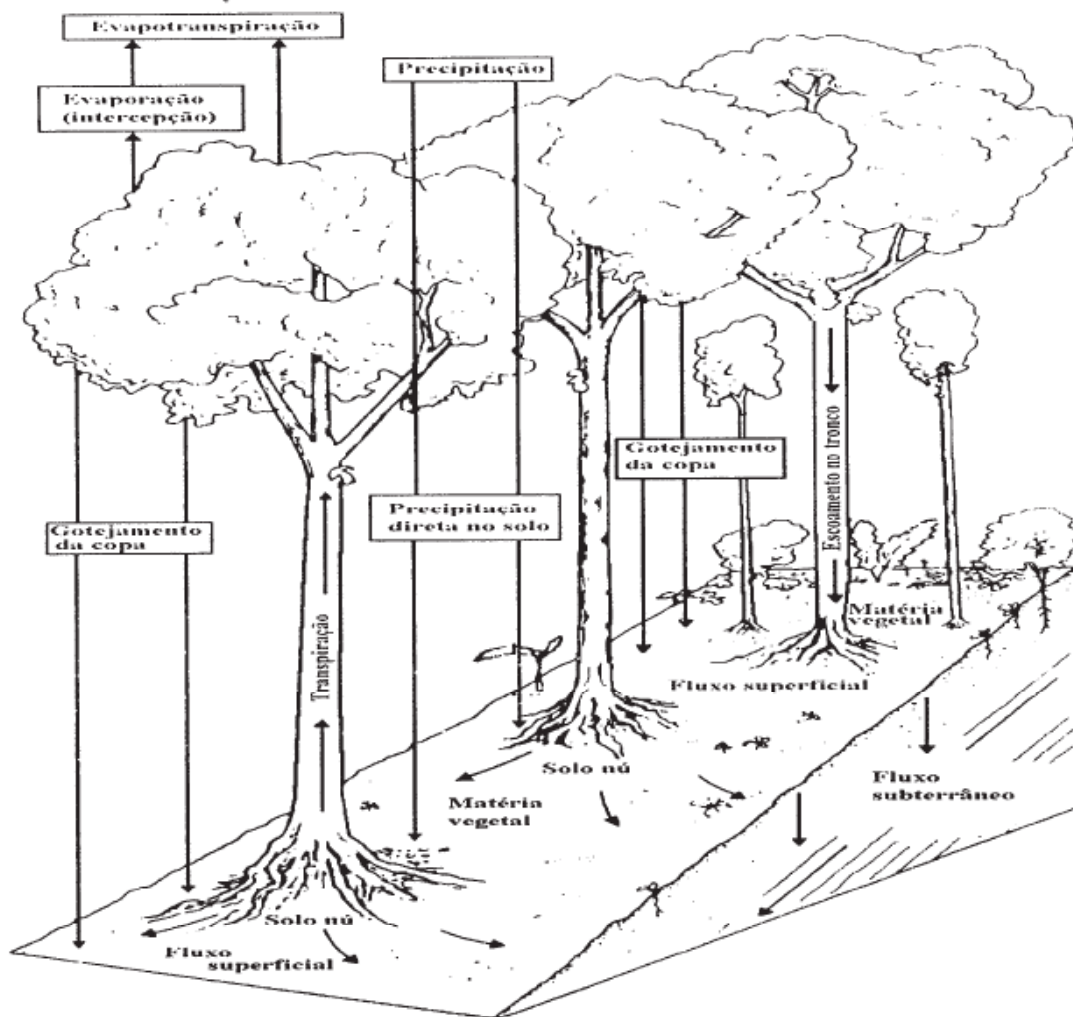
O escoamento superficial, também conhecido como *run-off* ou coeficiente de deflúvio, corresponde à diferença entre o volume de água total escoado em uma seção e o volume de água precipitado na bacia de contribuição (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Os escoamentos superficiais surgem a partir da saturação superficial dos solos, pela infiltração total da chuva que cai sobre as encostas. Este escoamento gerado nas vertentes pode ser considerado como uma “fonte” de água que deriva ao escoamento

rápido, impulsionado pela gravidade, para as altitudes mais baixas. Inicialmente, o escoamento revela-se em formatos de filetes de água que aliada à topografia do terreno, formam uma rede de drenagem temporária, destinada a cursos d'água estáveis, como córregos e rios (SILVEIRA, 1997).

A vegetação existente no trajeto do escoamento superficial é considerada uma barreira, que favorece a infiltração da água no solo e reduz a energia cinética de impacto das gotas de chuva no solo (SILVEIRA, 1997). A FIGURA 3, exemplifica a interceptação vegetal, que corresponde à diferença da precipitação que chega no solo, no interior da floresta (aproximadamente 85%) ou através dos troncos das árvores (1 a 2%).

FIGURA 3 - Interceptação vegetal.



Fonte: Bruijnzeel (1990 apud Tucci; Clarke, 1997).

Na camada superior do solo, tem-se o escoamento subsuperficial, que está diretamente ligado às condições do solo e não se separa do escoamento superficial. Geralmente, cita-se que o escoamento subsuperficial é o escoamento superficial retardado. Faz parte dessa categoria as precipitações diretas sobre as superfícies líquidas, que não possuem grande importância no escoamento total do curso d'água (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

O escoamento em cursos d'água está diretamente ligado às características fisiográficas ou morfométricas da bacia hidrográfica (TUCCI; MENDES, 2006).

Estudos sobre a morfometria e comportamento hidrológico em bacias hidrográficas foram realizados primeiramente por Horton (1945). Em estudos brasileiros, destaca-se análise realizada por Villela e Mattos (1975).

Lima (1986) afirma que o desempenho hidrológico de uma bacia hidrográfica está relacionado com suas características morfométricas e quanto ao uso da terra e cobertura vegetal nativa, cujas ações antrópicas alteram o meio natural e podem interferir no comportamento hidrológico (TONELLO, 2005).

Segundo Guerra e Guerra (2003) a morfometria pode ser entendida como o estudo quantitativo das formas de relevo, sendo muito importante para diagnosticar problemas ambientais, como enchentes e estiagens (LINDNER et al., 2007).

Em estudos de risco a inundação, Moura (2013) buscou analisar as bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba e identificar quais apresentar maior tendência a enchentes utilizando a caracterização morfométrica. Dessa forma, a análise morfométrica apresentou um importante fator de indicação no diagnóstico de bacias com risco a inundações.

Tonello et al. (2006) afirmam que a morfometria pode ser dividida em três categorias: geométricas, de relevo e de drenagem, subdivididas em vários índices conforme apresentado na TABELA 1.

Esta relação, segundo Antonelli e Thomaz (2007), admite a distinção de áreas homogêneas e apresenta parâmetros físicos específicos de uma determinada região, resultando na qualificação das modificações ambientais.

TABELA 1 - Caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica.

Características morfométricas	
Geométricas	Área Total
	Perímetro Total
	Coefficiente de Compacidade (Kc)
	Fator de Forma (F)
	Índice de Circularidade (IC)
	Padrão de Drenagem
Relevo	Orientação
	Declividade Mínima
	Declividade Média
	Declividade Máxima
	Altitude Mínima
	Altitude Média
	Altitude Máxima
Rede De Drenagem	Declividade Média do Curso D'água Principal
	Comprimento do curso D'água Principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Densidade de Drenagem (Dd)
	Ordem dos Cursos D'água

Fonte: Tonello et al (2006).

As classes referentes ao relevo e drenagem caracterizam as propriedades do solo, sob o aspecto das chuvas (infiltração e escoamento) e relacionam-se com a litologia, geologia e a formação e cobertura da terra (PISSARA et al., 2004).

É válido ressaltar que os índices avaliados isoladamente, não pode explicar a dinâmica complexa da hidrologia na bacia hidrográfica, que sofre influência temporal (TONELLO et al., 2006). A seguir, são descritas as características morfométricas.

- Área de Drenagem e Perímetro

A área de drenagem é aquela formada pela rede de drenagem e seus divisores topográficos, em projeção horizontal, considerada fator básico para o cálculo de outros índices (TONELLO, 2006). O perímetro é o comprimento da linha que demarca o divisor de águas de uma bacia (LIMA, 1986).

- Coeficiente de Compacidade (Kc)

Também conhecido como Índice de Gravelius, o Coeficiente de Compacidade corresponde a “relação entre perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia”. O resultado encontrado depende apenas da forma da bacia e não do seu tamanho (VILLELA; MATTOS, 1975).

Segundo os mesmos autores, uma bacia com formato circular possui Kc mais próximo a 1 e uma bacia alongada apresenta coeficiente significativamente superior a 1. Dessa forma, quanto mais irregular a forma da bacia, maior será o Kc. Nesse sentido, uma bacia será mais suscetível a enchentes e inundações quando o Kc for mais próximo de 1. O coeficiente de compacidade (Kc) é obtido pela Equação 1, de acordo com Villela e Matos (1975).

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Kc = coeficiente de compacidade (adimensional);

P = perímetro da bacia ou sub-bacia (km);

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (km²).

- Fator de Forma (Kf)

Segundo Villela e Mattos (1975) o fator de forma é a “relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia”. O resultado reflete a tendência para inundação de uma determinada bacia. Horton (1932 apud Lima, 2008) afirma que o fator de forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, determinado pela Equação 2.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

F = fator de forma (km/km²);

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (km²);

L = comprimento axial da bacia (km).

É válido ressaltar que o tamanho da bacia não influencia no fator de forma, em que duas bacias com áreas iguais podem apresentar formatos diferentes. Segundo Villela e Mattos (1975) uma bacia apresentando fator de forma baixo é menos sujeita a inundação

- Índice de Circularidade

Este índice analisa a forma da bacia a um círculo (Equação 3). Quanto mais o índice se aproximar à unidade, mais próximo é o formato circular da bacia (TONELLO, 2006).

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

IC = índice de circularidade (adimensional);

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (km²);

P = perímetro da bacia ou sub-bacia (km).

- Declividade Média

A declividade influencia os processos de infiltração, escoamento superficial, fluxo de água no solo, entre outros (LIMA, 2008). Andreolli et al. (2003) afirmam que a declividade é a representação do relevo e suas variações no terreno, que influencia a velocidade e tempo de escoamento da água. A declividade pode ser calculada pela Equação 4:

$$D = \frac{(D \times L)}{A} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

D = declividade média (%);

D = distância entre as curvas de nível (m);

L = comprimento total das curvas de nível (m);

A = área da bacia hidrográfica ou sub-bacia (m²).

- Declividade do Curso D'água

A declividade média do leito principal corresponde a relação entre a diferença de cotas altimétricas entre a nascente e a foz e distância percorrida entre elas (JABUR, 2010).

A declividade média do curso d'água é calculada pela Equação 5.

$$D_m = \frac{(H_1 - H_2)}{d} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

H1 = altitude da nascente do rio (m);

H2 = altitude da foz (m);

D = distância percorrida entre as altitudes (m).

- Elevação Média

Em geral, em maiores altitudes a precipitação média anual é maior, assim como são menores a temperatura e evapotranspiração (LIMA, 2008).

A elevação média ou altitude média de uma bacia hidrográfica pode ser calculada pela área entre duas curvas de nível consecutivas em relação a área total da bacia hidrográfica. Através de uma soma simples é possível obter a porcentagem da área total que está localizada acima ou abaixo de determinada altitude (JABUR, 2010). A altitude média da bacia é, então, calculada pela Equação 6.

$$H = \frac{\sum (a \times h)}{A} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

H = altitude média (m);

a = sub-área entre as curvas de nível (m²);

h = elevação média entre as curvas de nível (m);

A = área da bacia ou sub-bacia hidrográfica (m²).

- Densidade de Drenagem

Este índice infere sobre a influência das condições geológicas, topográficas, pedológicas e de vegetação de uma determinada bacia. Relaciona-se com o tempo necessário para a água da precipitação atingir a foz do curso d'água (HORTON, 1945 apud PÉRICO et al., 2011). A densidade de drenagem é a razão entre o comprimento total da rede de drenagem e a área da bacia hidrográfica (HORTON, 1932 apud LIMA, 2008). O cálculo é realizado pela Equação 7.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem (km/km²);

L = comprimento total dos cursos d'água (km);

A = área da bacia ou sub-bacia (km²).

De acordo com Périco et al. (2011) quanto maior o valor da densidade, maior é a velocidade de escoamento em direção ao exutório. As bacias podem apresentar classificações quanto ao seu resultado, de acordo com Sthraler (1957 apud Lima, 2008), a saber:

Dd baixa: 5 km/km²;

Dd média: 5 – 13,5 km/km²;

Dd alta: 13,5 – 155,5 km/km²;

Dd muito alta: > 155,5 km/km².

- Sinuosidade do Curso D'água Principal

Segundo Villela e Mattos (1975) a sinuosidade é a relação entre o comprimento do curso d'água principal e o comprimento de um talvegue. O cálculo é realizado por meio da Equação 8.

$$\text{Sin} = \frac{L}{L_t} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

Sin = sinuosidade (adimensional);

L = comprimento do curso d'água (m);

Lt = comprimento do talvegue (m).

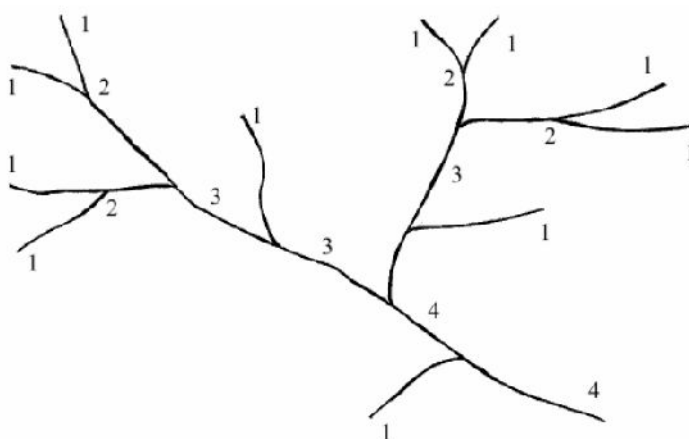
A velocidade de escoamento está relacionada com o valor encontrado, em que quanto maior o resultado da sinuosidade, menor a tendência de escoamento e alcance do exutório (BRUBACHER et al., 2011).

- Ordem dos Cursos D'água

A ordem dos cursos d'água é classificada de acordo com a rede de canais no interior da bacia. Segundo Sthraler (1957 apud Lima, 2008) as nascentes são ordenadas como de 1ª ordem, cuja união de dois cursos d'água de 1ª ordem resulta em um de 2ª ordem, e assim continuamente.

A ligação de um canal de determinada ordem com outro de ordem maior não modifica a classe deste. A classificação da ordem de bacia é aquela definida no último canal, no seu exutório. A FIGURA 4 apresenta um exemplo de ordenação em uma bacia hidrográfica.

FIGURA 4 - Exemplo de método de ordenação dos canais de uma bacia, pelo método de Sthraler.



Fonte: Sthraler (1957 apud Lima, 2008).

2.2 Fator de inundação

As águas de um canal de drenagem quando atingem as áreas ribeirinhas ou áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio), diz-se que está ocorrendo o fenômeno de inundação, ou seja, ocorre quando é alcançado cota acima do nível máximo da calha principal do curso d'água (BRASIL, 2007). A FIGURA 5, ilustra a ocorrência de uma inundação em áreas marginais.

FIGURA 5 - Inundação de áreas ribeirinhas.



Fonte: Brasil (2007).

Segundo Tucci (1997) a inundação pode ser causada por processos naturais ou artificiais. Associam-se ao meio natural as ocorrências propiciadas pela bacia hidrográfica em seu estado natural. Exemplos: existência de vegetação, capacidade de drenagem, relevo, características da precipitação, entre outros.

Segundo Reis et al. (2012) as condicionantes naturais admite a compreensão do processo de escoamento de água em um determinado local, de acordo com o índice de pluviosidade. As áreas denominadas como planície de inundação, que são planas e possuem declividade baixa, são comumente alcançadas pelo transbordamento dos canais de drenagem, sendo consideradas inapropriadas a ocupação urbana.

Ao contrário das condições naturais das bacias hidrográficas, os processos artificiais que causam a inundação são aqueles provocados pela ação antrópica, como ocupação irregular nas planícies de inundação, obras de engenharia nos cursos d'água, urbanização, retirada de vegetação, usos agrícolas e pecuários, entre outros (AMARAL; RIBEIRO, 2009).

A TABELA 2 apresenta as diferenças entre uma bacia hidrográfica considerada rural para uma totalmente urbanizada.

TABELA 2 - Características de uma bacia rural para urbana.

Bacia rural	Bacia urbana
Maior interceptação vegetal	Menor interceptação vegetal ou nulo
Maiores áreas permeáveis (infiltração do solo)	Superfícies impermeáveis (telhados, ruas e pisos)
Menor escoamento na superfície do solo	Produz aceleração no escoamento
Drenagem mais lenta	Canalização ou drenagem superficial

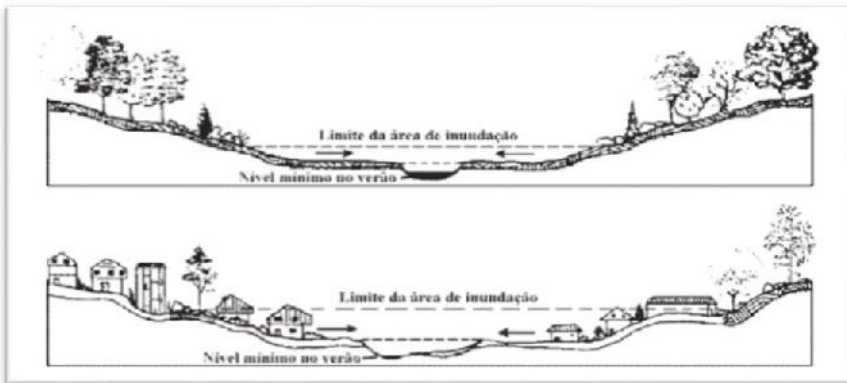
Fonte: Tucci (1997).

Existem duas formas de ocorrência da inundação na área urbana, que segundo Tucci e Bertoni (2003) podem acontecer por meio de processos isolados ou integrados, a saber:

- (1) Inundações ribeirinhas: são processos naturais e ocorrem em geral em bacias de grande e médio porte, onde a declividade é baixa e a seção de escoamento é pequena. Uma precipitação intensa que chega simultaneamente ao rio é superior à sua capacidade de drenagem que resulta em inundação nas áreas ribeirinhas. Os problemas gerados por esse tipo de inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual as mesmas ocorrem.
- (2) Inundações devido a urbanização: são processos influenciados por diversas atividades humanas realizadas nas áreas urbanas. Ocorrem em bacias pequenas com exceção para as grandes cidades. Esse tipo de inundação acontece à medida que a população impermeabiliza o solo, o que acelera o escoamento, ou seja, aumenta a quantidade de água que passa nos condutos e canais ao mesmo tempo e chega ao sistema de drenagem. Essa quantidade de água no sistema de drenagem elevada produz inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural.

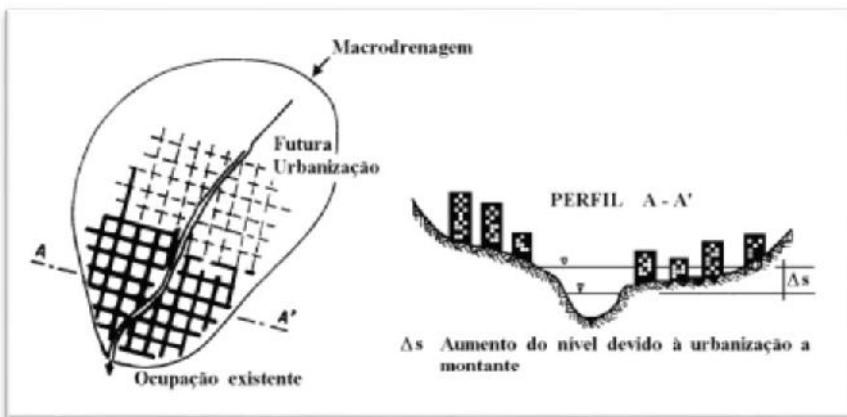
A FIGURA 6 e FIGURA 7 são ilustrações dos níveis de inundação em bacia rural e urbana.

FIGURA 6 - Área de inundação em bacias rurais e urbanas.



Fonte: Shueler (1987 apud Tucci, 2006).

FIGURA 7 - Aumento do nível de inundação.

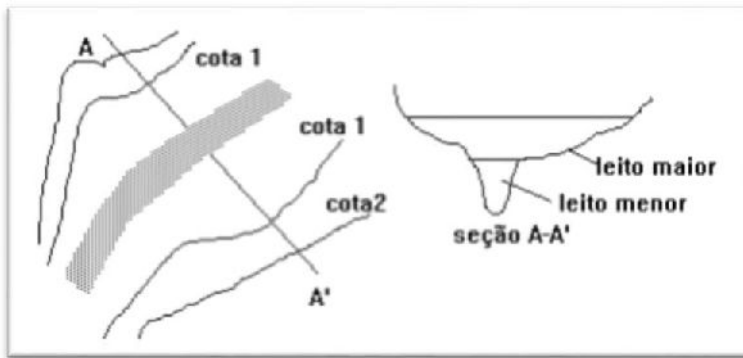


Fonte: Tucci (2006).

A FIGURA 8, exemplifica os dois leitos de um curso d'água, menor e maior. O leito maior ocorre quando o rio transborda, em períodos de enchente; e o leito menor ocorre no seu leito normal, em quase todos os períodos do ano (TUCCI; MENDES, 2006).

No leito maior dos cursos d'água, considerada como zona de inundação, pode ocorrer dois comportamentos: de produção e de transporte. Os rios quando apresentam níveis de água baixos, o leito maior trabalha como uma vertente (produção de água), e quando os cursos d'água estão em cheias, a zona de inundação é utilizada para escoamento (transporte de água) (SILVEIRA, 1997).

FIGURA 8 - Representação do leito menor e maior de um curso d'água.



Fonte: Tucci (2006).

Segundo IPT (2014) a inundação é:

Caracterizada pela elevação temporária do nível d'água relativo ao leito regular do canal em uma dada bacia de drenagem, comumente em razão do acréscimo de vazão d'água ocasionado por eventos chuvosos de longa duração e elevados índices pluviométricos acumulados. Os excessos d'água podem alcançar a planície aluvial atual (leito menor, várzea) e os terraços fluviais antigos (leito maior), topograficamente alçados em relação à cota da planície aluvial atual.

De acordo com Amaral e Ribeiro (2009), estudos sobre a possibilidade de ocorrência de enchentes e inundações são avaliados pela interação das condicionantes naturais e antrópicas de uma determinada bacia.

No Brasil, a expansão urbana nas cidades se deve ao conjunto de ações que alteram as condições naturais do ciclo da água de uma determinada região. Algumas atividades que desempenham essa função são a retirada de vegetação nativa, solos expostos a erosão que podem levar ao assoreamento dos cursos d' água, impermeabilização do solo, ocupação irregular nas planícies de inundação, entre outros (BRASIL, 2007).

A impermeabilização do solo devido ao uso e ocupação do solo nas cidades modifica a vazão no interior de uma bacia hidrográfica, conforme hidrograma unitário disposto na FIGURA 9. O hidrograma unitário, também conhecido pela sigla HU, corresponde a função dos dados analisados de precipitação e vazão com espaço de tempo compatível com o tempo de concentração da bacia. Para a identificação da vazão de cheia em uma bacia urbana, torna-se necessário estimar a vazão de pico, tempo de concentração e tempo de pico entre outros parâmetros de projeto (TUCCI, 2003).

FIGURA 9 - Modificações no hidrograma de uma bacia rural para urbana.

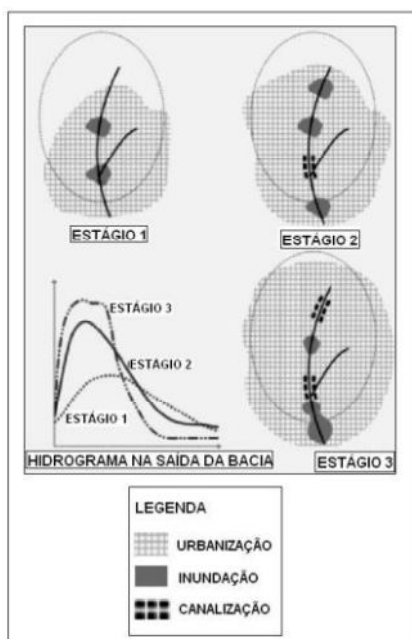


Fonte: Brasil (2007).

Os efeitos da urbanização em relação ao escoamento tem sido o acréscimo da vazão máxima e do escoamento superficial, diminuição do tempo de pico e redução do tempo de base (TUCCI, 1997).

Segundo Tucci (2003) existem outras intervenções, além das ocupações das planícies de inundação e da impermeabilização do solo, que podem contribuir para o fator de inundação. Exemplos de ações são as construções de canais, pontes e formação de aterros. Na FIGURA 10 apresentam-se os estágios de inundação em uma bacia hidrográfica que podem ocorrer com a construção de canais em decorrência da urbanização.

FIGURA 10 - Estágios de inundação em decorrência da construção de canais e da urbanização.



Fonte: Tucci (2003).

Observa-se que a canalização de alguns pontos específicos na bacia apenas transfere a inundação para outros locais. No estágio 1, apresenta os pontos de inundação natural e a urbanização em fase inicial. Após a construção do canal, no estágio 02, observa-se que a área inundada a jusante aumenta, entretanto, a área a montante da bacia hidrográfica que não está urbanizada serve como um reservatório de amortecimento. Em decorrência do desenvolvimento urbano, houve a necessidade de construir nova canalização, de acordo com o Estágio 3. Dessa forma, a inundação foi transferida para a jusante, sendo necessário investimento da administração pública para aprofundar o canal (LIMA, 2010).

Para a análise da ocorrência de inundação são utilizados conceitos específicos, tais como suscetibilidade, ameaça, vulnerabilidade, severidade, perigo, risco, desastre natural e resiliência. Segundo IPT (2014) os conceitos relacionados ao fator de inundação são definidos como:

Ameaça: fenômeno ou processo cuja dinâmica pode gerar consequências negativas (perdas e danos) em relação aos elementos expostos;

Desastre natural: ruptura da dinâmica socioeconômica decorrente de evento associado a fenômeno ou processo natural;

Perigo: condição com potencial para a geração de perdas e danos num dado período de tempo; periculosidade ou perigosidade;

Risco: uma medida da ameaça e das consequências (financeiras, bens, vidas) que esta poderá causar num dado intervalo de tempo;

Resiliência: capacidade da comunidade exposta ao perigo e ao risco em recuperar-se das consequências de um desastre natural;

Severidade: capacidade de um evento para a geração de perdas e danos; magnitude do evento;

Suscetibilidade: disposição dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico; e

Vulnerabilidade: grau de perdas e danos associados aos elementos expostos (0 a 1); quanto maior o grau, maior a vulnerabilidade.

Para atender a finalidade deste trabalho, foi utilizado o termo suscetibilidade. Segundo Oliveira et al. (2009) a análise de áreas suscetíveis a inundação é importante para entender a ocorrência e ajudar no planejamento territorial, minimizando os danos sociais e materiais. São consideradas também ferramentas influentes no controle e prevenção de inundações.

Os fatores responsáveis pela ocorrência de inundações são divididos em três tipos: transitórios, permanentes e mistos. O primeiro está relacionado com a ocorrência de chuvas, evapotranspiração e taxas de saturação do solo. Os fatores permanentes são as características morfométricas e as características geológicas. Por último, os mistos

correspondem ao uso da terra e cobertura vegetal nativa (COOKE E DOORNKAMP, 1990 apud IPT, 2014).

Algumas publicações que destacam metodologias que estão direta ou indiretamente relacionadas com o mapeamento de áreas suscetíveis a inundação são: Silveira et al. (2013), Andrade et al. (2014), Cajazeiro (2012), Borges et al. (2015).

Composto por um assunto complexo que não possui fórmulas determinantes, a elaboração de mapas de suscetibilidade a inundação possui duas abordagens. A primeira abordagem está ligada às engenharias, por meio da análise hidrológica e hidráulica, com a simulação de desempenho dos escoamentos chuva-vazão em modelos hidrológicos (em canais ou somando-se a planície de inundação), regionalização de vazões, entre outros. A abordagem secundária envolve aspectos variados de determinada área, como a tipologia do solo, relevo, presença/ausência de vegetação (IPT, 2014).

Em relação aos modelos hidrológicos desenvolvidos para a determinação do escoamento superficial relacionado aos efeitos das alterações no espaço, nos recursos hídricos, principalmente devido a urbanização, o mais conhecido entre os autores é o método do Número de Curva de Escoamento, que correlaciona o uso do solo e a resposta hidrológica e o parâmetro do número da curva ou *curve number (CN)* (CALZAVARA; FERNANDEZ, 2015).

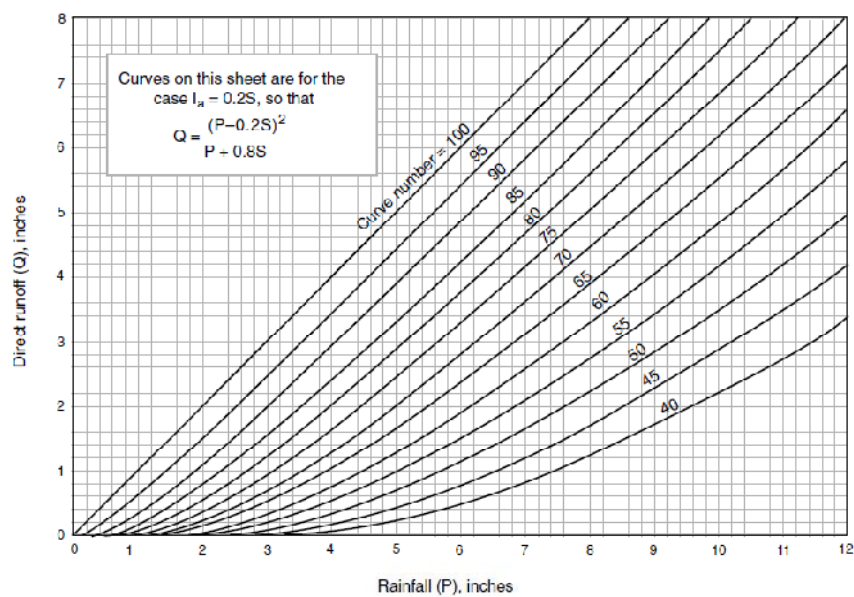
Este método foi desenvolvido na década de 1950 pelo *Soil Conservation Service (SCS)*, atualmente, denominado *Natural Resources Conservation Service (NRCS)*. A criação do modelo teve por objetivo a avaliação da chuva excedente a partir de chuvas totais, ou seja, estimar a quantidade de chuva total que não se perdeu por interceptação, armazenamento e infiltração no solo (TASSI et al., 2006).

Segundo Calzavara e Fernandez (2015) para a aplicação de modelos hidrológicos torna-se necessário o conhecimento e/ou obtenção de parâmetros, em que é possível somente se houver disponibilidade de dados de precipitação e de vazão, os quais são insuficientes no Brasil.

Pickbrenner et al. (2005) afirmam que a vantagem do método SCS é a existência de um único parâmetro, o CN; e a adaptação em bacias hidrográficas com ausência de informações. Este método divide os solos dos Estados Unidos em quatro grupos hidrológicos de acordo com a capacidade de infiltração e produção de escoamento, denominados A, B, C e D, que representam o aumento do escoamento superficial e consequente redução do índice de infiltração, sucessivamente (SARTORI, 2005a).

Após a determinação do grupo hidrológico, observa-se o CN para os diversos usos do solo (PICKBRENNER et al.; 2005). O CN indica a altura de escoamento superficial, sendo menor o escoamento e maior a infiltração no solo quando se aproxima de 0 e maior o escoamento e menor a infiltração quando se aproxima de 100 (SCS, 1973 apud CALZAVARA; FERNANDEZ, 2015). Os valores de CN estabelecidos pela NRCS (1986) estão apresentados no ANEXO A. A FIGURA 11 ilustra as curvas determinadas pelo CN.

FIGURA 11 - Determinação da CN.



Fonte: NRCS (1986).

Segundo Sartori et al. (2005b) houve uma adaptação das classificações dos grupos hidrológicas para o Brasil, realizada por Lombardi Neto e outros em 1989, que resultou em uma modificação para a nomenclatura do Sistema Brasileiro de Solos de 1999. A proposta foi considerada direta e criteriosa.

Posteriormente, Sartori (2010) desenvolveu critérios para classificação hidrológica de solos para determinação de valores de referência para o parâmetro CN, no qual analisou 58 perfis de solos do Brasil e adequou os valores de referência. Dessa forma, os valores definidos para os usos do solo seguem apresentados no ANEXO B.

De acordo com a situação atual da área de estudo e para a determinação das notas de suscetibilidade à inundação será considerada às duas abordagens de mapas. Para a determinação das notas de suscetibilidade à inundação no mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa, por exemplo, será utilizada a primeira abordagem, em que se

considera a análise hidrológica proposta pelo NRSC (1986) e adaptado por Sartori (2010), em que será identificada a classe de pedologia, o grupo hidrológico de solos e o valor de CN. Posteriormente, as notas estabelecidas para o CN serão adaptadas de acordo com as classes de suscetibilidade à inundação. É importante ressaltar que não serão calculados parâmetros hidrológicos, uma vez que não há dados disponíveis.

Na segunda abordagem que envolve aspectos variados, serão considerados os aspectos morfométricas, hipsométricas e de declividade.

2.3 Geotecnologias aplicadas

Entre as ferramentas empregadas para mapeamentos variados, encontram-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), conjunto de recursos humanos (*peopleware*) e técnicos (*hardware/software*) que utilizam procedimentos de uma organização a fim de fornecer subsídios de apoio para os gestores (Rosa e Brito, 1996), sendo fundamentais no desenvolvimento de mapas de inundação (CHAPMAN, 1994 apud SILVEIRA, 2013). Os SIGs auxiliam na visualização direta dos elementos representados no espaço e possibilitam o monitoramento em bacias hidrográficas (CALZAVARA; FERNANDEZ, 2015).

Segundo Rosa (2005) para aquisição de imagens têm-se ferramentas de geoprocessamento como o sensoriamento remoto, que consiste em um instrumento muito utilizado e que possibilita o registro de informações em pequeno espaço de tempo.

O sensoriamento remoto e os SIGs são tecnologias complementares, em que o primeiro permite a obtenção de dados, em distintas faixas do espectro com representação em várias escalas, e o segundo possibilita a união dessas informações com outros produtos (ROSA; BRITO, 1996).

Reis (2014) utilizou geotecnologias como o sensoriamento remoto e SIG para a análise da expansão da mancha urbana e identificação das áreas de alagamento na cidade de Patrocínio/MG. O resultado obtido foi o mapeamento dos pontos de inundação, que aumentaram nas áreas com altitudes mais baixas, à medida que a cidade se expandiu.

As técnicas empregadas de geotecnologias são instrumentos de suma importância para a tomada de decisão. Exemplo de técnica utilizada é a modelagem dos

elementos da superfície terrestre, que permite a representação dos ambientes e suas alterações (FLORENZANO, 2002).

Em se tratando de mapeamento de áreas suscetíveis a inundação, IPT (2014) considera que a suscetibilidade pode ser iniciada através da análise dos fatores inerentes às condições dos terrenos, independente das alterações que tenham ocorridas na área, seja pela urbanização ou outras intervenções que poderiam interferir no desenvolvimento dos processos físicos.

Segundo Fernandes e Miola (2013) uma ferramenta muito utilizada no mapeamento de áreas inundáveis são os Modelos Digitais de Elevação - MDE que retratam as condições do relevo ao nível da superfície do solo e constituem na primeira etapa de análise topográfica para análise hidrológica (MORAES et al, 2014). Os dados topográficos utilizados para a representação do MDE são as curvas de nível, rede de drenagem e pontos cotados, que por meio do geoprocessamento, os valores de altitude são interpolados e representados em uma superfície contínua. No *software* de geoprocessamento, o MDE é reconhecido como uma matriz em formato *raster* cujos pixels ou células correspondem a um valor de altitude (BURROU-GH; MCDONNEI, 1998 apud MORAES et al, 2014).

Perini et al. (2013) realizaram um trabalho sobre a avaliação do uso de Modelos Digitais de Elevação – MDE (ASTER GDEM e TOPODATA) no município de Pedro Osório/RS com vistas ao mapeamento de suscetibilidade à inundação. O resultado obtido foi que ao considerar maiores cotas de inundação, o ASTER GDEM possui maior área de suscetibilidade à inundação.

Moraes et al (2014) utilizaram MDE para a análise de fluxos acumulados com o objetivo de identificar áreas suscetíveis a inundação do córrego da Servidão, município de São Paulo, para fins de planejamento territorial. Os resultados obtidos foram harmônicos com os aspectos diagnosticados (hidrogeomorfológicos, hidrológico e hidráulico), portanto, o MDE foi uma ferramenta simples para alcançar a finalidade esperada.

Outro modelo utilizado para a representação do terreno são os Modelos Numéricos do Terreno (MNT). Segundo Gonçalves e Carvalho (2003) para a geração de um MNT são utilizadas curvas de nível e pontos altimétricos, representados em uma imagem *raster* modelado por geoestatística (HENGL et al., 2008).

Segundo Felgueiras (2001) o MNT é:

Uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Dados de relevo, informação geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informação meteorológicas e dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos representados por um MNT.

Além das condições topográficas de um terreno, estudos realizados em escala de bacias hidrográficas, através do levantamento de informações sobre o uso da terra e cobertura vegetal nativa tem se tornado importante (CALZAVARA; FERNANDEZ, 2015). O mapeamento apresenta a abrangência espacial do uso da terra, sejam elas urbanas ou agrícolas.

Segundo Rosa (2005) a classificação de uso da terra em determinado local tornou-se fundamental para a análise dos padrões de organização do espaço principalmente aos legisladores que elaboram a política de uso e ocupação do solo, sendo necessária uma atualização periódica dos registros.

De acordo com IBGE (2013) o levantamento da cobertura e uso da terra indica:

A distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando sua classificação e espacialização por meio de cartas.

Rosa (2005) afirma que o levantamento de uso da terra corresponde a busca pelo conhecimento da utilização de seus recursos pelo homem, bem como pela caracterização da vegetação natural que reveste o solo e suas localizações. Dentro desse contexto, o termo “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendido como a maneira com que o solo está sendo alterado pelo homem.

Dessa forma, deve-se observar a exploração da terra, se ocorre de forma organizada e produtiva. Essa análise permite diagnosticar os processos que se desenvolvem em determinado local e identificar as possíveis irregularidades do uso da terra.

Face ao exposto, a elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa é considerada de fundamental importância para o presente estudo, uma vez que permitirá a análise do escoamento superficial relacionado a impermeabilização do solo.

2.4 Método de Análise Hierárquica de Processos - AHP

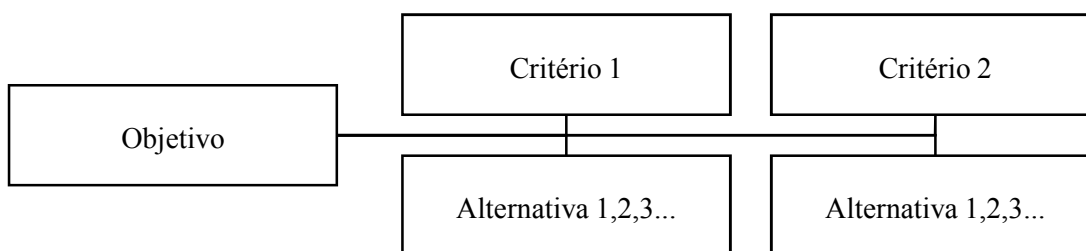
O método de multicritério denominado Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process - AHP*), proposto por Tomas L. Saaty em meados da década de 70 visa a resolução de problemas complexos de modo simples. O método AHP apresenta-se como um instrumento racional que visa a modelagem de um problema decisório através da identificação dos fatores envolvidos em uma hierarquia de critérios analisados por pesos (FARIA; FILHO, 2013).

A análise de multicritérios vem sendo empregada em áreas distintas, como Costa e Moll (1999) que utilizou o método AHP para determinar as variedades de cana-de-açúcar para o cultivo de uma usina; Marins et al. (2009) aplicaram o método em uma gestão pública na prefeitura de Quissamã no estado do Rio de Janeiro e Kayastha et al. (2013) utilizaram a metodologia para mapear áreas suscetíveis a deslizamentos. As análises cuja finalidade é o mapeamento de áreas de inundação, citam-se Milograna (2009); Magalhães et al. (2011); Andrade et al. (2014); Silveira (2013), entre outros. Segundo Costa (2002) o método AHP se baseia em três fases:

- Construção de hierarquias;
- Definição de prioridades e;
- Consistência lógica.

Na primeira fase, é realizada a construção de uma hierarquia lógica, em que os fatores são avaliados sistematicamente par a par de acordo com cada critério estabelecido. Segundo Milograna (2009) a importância ou peso determinado para os critérios é realizada pelos tomadores de decisão, cuja opinião humana relaciona-se com as experiências, habilidades e conhecimento preciso acerca do problema, que podem levar a um resultado subjetivo. No entanto, este método propõe que o especialista determine a importância dos critérios através da comparação binária, ao invés de estabelecer de forma direta um valor total sobre os critérios, o que acontece em avaliações diretas. A FIGURA 12 apresenta uma estrutura hierárquica básica.

FIGURA 12 - Estrutura de níveis hierárquicos básica.



Fonte: Adaptado de Marins et al. (2009).

Na segunda fase, é realizado o ajustamento das prioridades do método AHP, cuja fundamentação está na capacidade de percepção do ser humano entre elementos e ocorrências analisadas, sendo comparadas par a par de acordo com critérios estabelecidos (COSTA; MOLL, 1999).

O método tem como critério uma escala de nove níveis de importância (1 a 9), sendo composta também por valores intermediários (2,4,6 e 8) (MILOGRANA, 2009).

Segundo Saaty (1980 apud Faria e Filho, 2013) os valores ímpares são mais utilizados, ao passo que os pares somente são adotados se não houver consenso comum entre os avaliadores, sendo necessário um recurso negociado. A TABELA 3 apresenta a escala fundamental proposta por Saaty (1977).

TABELA 3 - Escala Fundamental de Saaty.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Fraca importância de um sobre outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância essencial ou forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Absolutamente importante	As evidências que favorecem uma sobre a outra é do mais alto possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

...continua...

TABELA 3, Cont.

Reciprocidade acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	Uma designação razoável.
Racionais	Razões decorrentes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz.

Fonte: Saaty (1977).

A escolha dos pesos indicadores analisa:

Um vetor de pesos $w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$ anexo a um problema de decisão multicritério qualquer, comparando cada critério “i” com cada critério “j”. Assim é obtida uma matriz quadrada A de dimensão n chamada de matriz de comparações binárias, onde n é o número de critérios. O preenchimento da matriz é feito pela associação de um valor a_{ij} para a comparação dos critérios dois a dois que representa w_i/w_j (MILOGRANA, 2009).

A FIGURA 13 ilustra uma matriz quadrada de A de comparação pareada, em que os objetos são representados por A e seus pesos por w, considerando que $a_{ij} > 0$ (positiva); $a_{ij} = 1$; $a_{ji} = 1$.

FIGURA 13 - Ilustração de uma matriz de comparação pareada.

		A ₁	A ₂	...	A _n
A =	A ₁	w_1/w_1	w_1/w_2	...	w_1/w_n
	A ₂	w_2/w_1	w_2/w_2	...	w_2/w_n
	⋮	⋮	⋮		⋮
	A _n	w_n/w_1	w_n/w_2		w_n/w_n

Fonte: Saaty (1977).

O resultado da matriz de comparação pareada é o autovetor. A fórmula recomendada por Saaty (1990, apud Faria e Filho, 2013) para se calcular o autovetor, “é elevar a matriz a potências arbitrariamente altas, dividindo-se a soma de cada linha pela soma dos elementos da matriz, ou seja, normalizando os resultados”.

Segundo Faria e Filho (2013) o autovetor é responsável pela definição do peso de cada critério no resultado final, e corresponde a aproximadamente à média aritmética dos valores de cada um dos critérios. Segundo Gomedes e Barros (2012) o cálculo do autovetor pode ser realizado de acordo com os procedimentos, a saber:

- Soma total dos elementos de cada coluna da matriz de comparação paritária;
- A normalização relativa dos pesos ocorre por meio da divisão de cada elemento da matriz pela soma total da respectiva coluna, resultando na soma igual a unidade;
- Cálculo da média aritmética de cada linha da matriz gerando o “autovetor” ou “vetor de prioridades”.

A consistência lógica dos julgamentos, que corresponde à terceira fase, se refere a Razão de Consistência das avaliações, reconhecida pela fórmula $RC = IC/IR$, onde IC é o Índice de Consistência e IR é o Índice Randômico ou Índice de Consistência Aleatória (CA).

“O Índice de Consistência (IC) é dado por $IC = (\lambda_{\text{máx}} - n)/(n-1)$, onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o maior autovalor da matriz de julgamentos” (SAATY, 2000 apud TREVIZANO; FREITAS, 2005). Para a verificação da análise da consistência dos julgamentos torna-se necessário primeiramente estimar o autovalor máximo ($\lambda_{\text{máx}}$), que precisa ser igual ou próximo ao número de linhas (ou colunas) da matriz de comparação pareada para que esta seja considerada consistente (SAATY, 1990 apud FARIA E FILHO, 2013). O autovalor é calculado pela Equação 9.

$$\lambda_{\text{máx}} = T \cdot w \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

T = autovetor normalizado;

w = soma das colunas da matriz de comparações para cada critério

O índice de consistência aleatória (CA) indica o valor final da matriz de comparação paritária que seria encontrado sem realizar os julgamentos, ou seja, os elementos seriam preenchidos aleatoriamente. Segundo Saaty (1980 apud Faria e Filho, 2013) a TABELA 4, se refere ao cálculo de CA para uma mostra de 500 matrizes mútuas positivas, de ordem de até 11 por 11.

TABELA 4 – Valores de consistência aleatória (CA) em função da ordem da matriz (n).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CA	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: Saaty (1980 apud Faria e Filho, 2013).

O resultado da condição de consistência dos julgamentos deve ser $RC \leq 0,10$ (SAATY, 2000 apud TREVIZANO; FREITAS, 2005). Segundo Saaty (1990 apud Faria e Filho, 2013) os valores acima de 0,10 apresentam inconsistências de julgamentos e o resultado do uso do método AHP será considerado contraditório. Dessa forma, indica-se uma revisão da matriz para tornar os julgamentos consistentes.

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

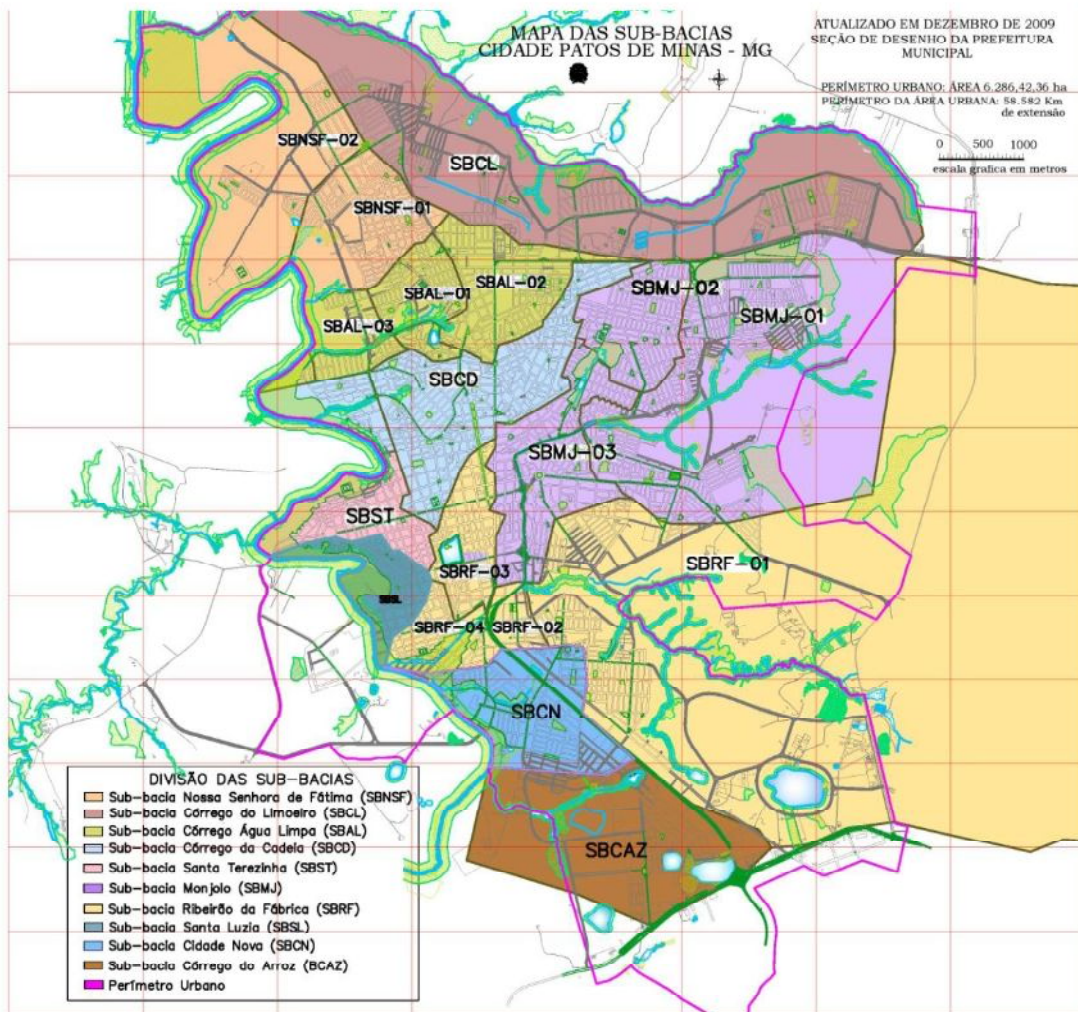
O município de Patos de Minas está localizado na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, estado de Minas Gerais. Ele faz divisa com a cidade de Carmo do Paranaíba, Coromandel, Vazante, Lagoa Formosa, Presidente Olegário, Patrocínio, Serra do Salitre, Tiros e Varjão de Minas, com acessos rodoviários por meio da BR-365 e BR-354.

Segundo IBGE (2010) o município ocupa uma área territorial de 3.189,771 km². Possui densidade demográfica, conforme levantamento realizado em 2010 de 43,49 hab/km² e população estimada em 2016 de 149.856 habitantes.

O principal curso d'água do município é o rio Paranaíba, responsável pelo abastecimento de água da cidade. A área urbana de Patos de Minas está localizada na margem direita do rio Paranaíba, sendo composta por 10 sub-bacias (FIGURA 14), a saber:

- Sub-bacia Nossa Senhora de Fátima – SBNSF;
- Sub-bacia Córrego do Limoeiro – SBCL;
- Sub-bacia Córrego Água Limpa – SBAL;
- Sub-bacia Córrego da Cadeia – SBCD;
- Sub-bacia Santa Terezinha – SBST;
- Sub-bacia Córrego do Monjolo – SBMJ;
- Sub-bacia Ribeirão da Fábrica – SBRF;
- Sub-bacia Santa Luzia – SBSL;
- Sub-bacia Cidade Nova – SBCN e;
- Sub-bacia Córrego do Arroz – SBCAZ|.

FIGURA 14 – Divisão das sub-bacias na área urbana de Patos de Minas/MG.



Fonte: Seção de Desenho da Prefeitura Municipal (2009) (Adaptado pela autora).

A área de estudo se refere à bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica que, segundo a FIGURA 14, abrange a sub-bacia do ribeirão da Fábrica (SBRF) e sub-bacia do córrego Monjolo (SBMJ).

A SBRF possui região urbanizada consolidada em que apresenta problemas na drenagem e ocupação irregular no leito maior do rio Paranaíba. Afluentes do ribeirão da Fábrica estão o córrego do Monjolo e córrego Canavial. O córrego do Monjolo possui em seu entorno ocupação intensiva de residências, comércios e outros, no entanto, não está totalmente consolidada. A região do córrego Canavial possui condições naturais, mas se encontra em fase de expansão urbana, com instalação de loteamentos (PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS DE MINAS, 2011).

O Córrego do Monjolo (SBMJ) possui 2900 metros de extensão canalizada em seu leito em concreto e parte em gabião. Denominado inicialmente como Avenida

Sanitária e posteriormente como Avenida Fátima Porto, a construção do canal foi realizada na década de 80, com o objetivo de levar a infraestrutura urbana para a periferia da cidade. Nesse período, pretendia-se implantar interceptores de esgotos nos bairros localizados no entorno da avenida, no entanto, devido ao rápido crescimento urbano não foram construídos esses dispositivos, sendo os efluentes lançados diretamente no canal (CAIXETA, 2013).

A FOTO 1 apresenta uma fotografia aérea parcial da área de estudo, com destaque para o final da área canalizada, no córrego do Monjolo localizado na Avenida Fátima Porto. Ao fundo, tem-se o ribeirão da Fábrica e o rio Paranaíba. É válido ressaltar que o ribeirão da Fábrica está conectado a seus afluentes, na parte canalizada do córrego do Monjolo e na foz do córrego Canavial.

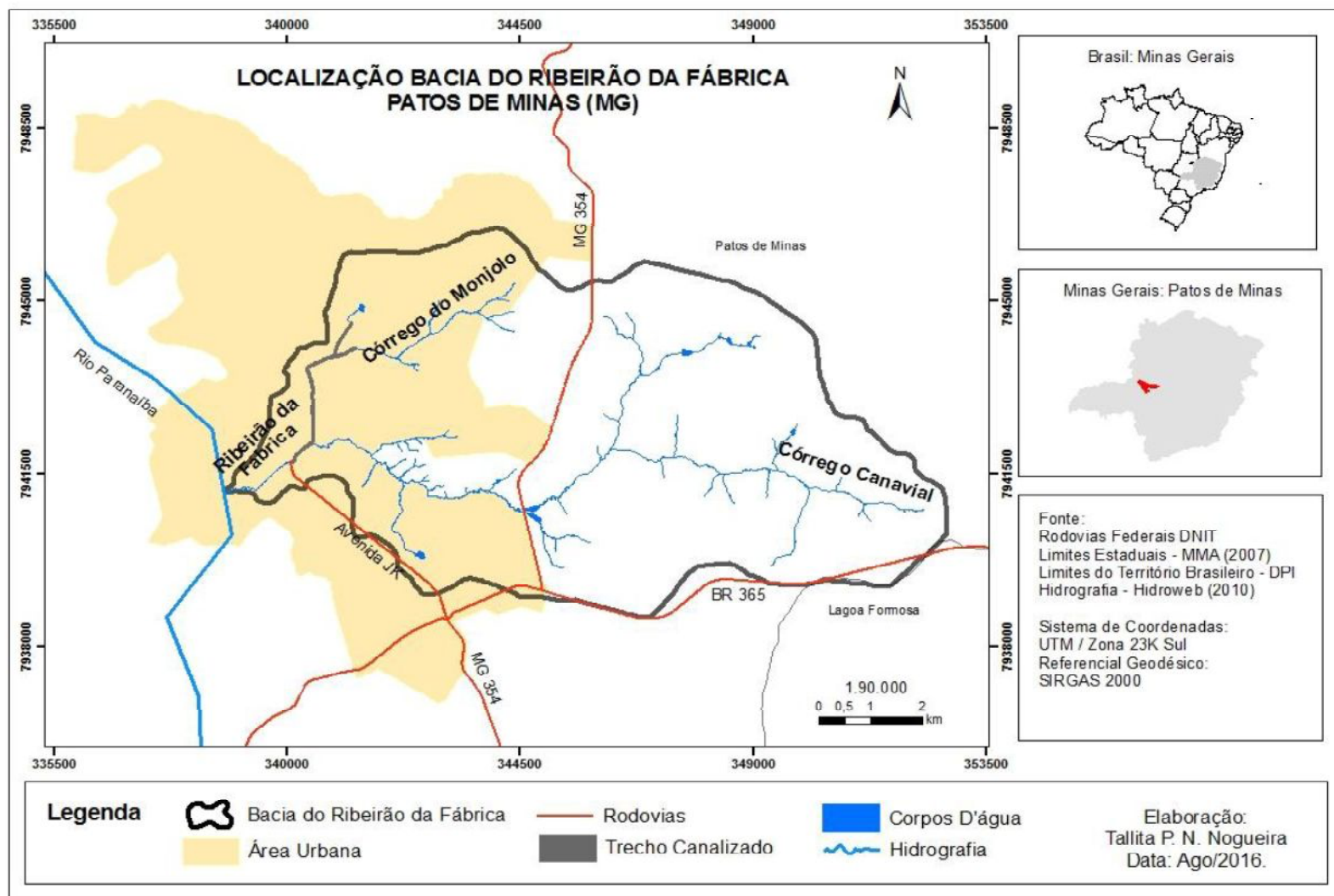
FOTO 1 – Fotografia parcial da área de estudo.



Fonte: Sindicato dos Produtores Rurais de Patos de Minas [2003].

A área de estudo possui 69,53 km², está localizada na zona 23K Sul entre as coordenadas UTM 338779 – 352784 mE e 7941194 – 7940398 mN, SIRGAS 2000, conforme FIGURA 15.

FIGURA 15 - Localização da bacia do Ribeirão da Fábrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.1 Inundações na área de estudo

Foram verificados registros de inundações na área de estudo, nos bairros Jardim Paulistano e Vila Rosa. Esses bairros estão situados na margem direita do rio Paranaíba e às margens do ribeirão da Fábrica, afluente deste.

De acordo com Janes Studio (1983a), ocorreu inundações nos bairros Jardim Paulistano, Vila Rosa, Santa Luzia, Nossa Senhora Aparecida e São José Operário, em Patos de Minas, alcançando a cota altimétrica de 780 metros. Em 1992, também houve inundações, com uma cota de 782 metros de altitude. A FOTO 2 e FOTO 3 ilustram algumas inundações ocorridas na área de estudo.

FOTO 2 – Inundação que atingiu o bairro Jardim Paulistano, município de Patos de Minas – MG, em 1983 - margem do rio Paranaíba, na foz do ribeirão da Fábrica.



Fonte: Janes Studio (1983a).

FOTO 3 - Inundação ocorrida no bairro Jardim Paulistano, município de Patos de Minas – MG, em 1983.



Fonte: Janes Studio (1983b).

O termo inundação está inserido como desastre natural quanto à origem no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, especificamente no volume para o estado de Minas Gerais (UFSC, 2011). Nesse estudo, foram analisados diversos fatores que originaram desastres naturais, dentre eles, as ocorrências de inundação brusca e alagamento (enxurradas ou inundações bruscas), bem como inundação gradual (enchentes ou inundações graduais).

Define-se inundação brusca (enxurradas) como:

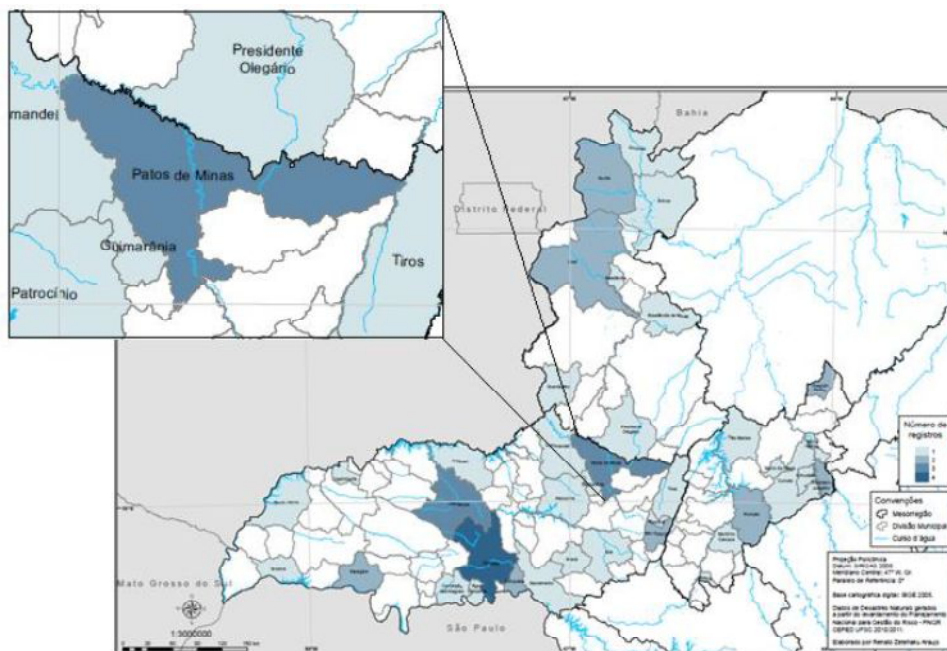
As inundações bruscas são aquelas que ocorrem repentinamente, com pouco tempo de alarme e alerta para o local de ocorrência. Na língua inglesa é conhecida como *flash flood*, e no Brasil são conhecidas popularmente como enxurrada. Como o próprio nome diz, elas são bruscas, ou seja, devem ocorrer no tempo próximo ao momento da ocorrência do evento que as causam (GOERL; KOBIYAMA, 2005).

A inundação brusca ocorre devido ao volume das chuvas na estação chuvosa, sendo um evento natural e frequente no estado de Minas Gerais, que apresentou 481 municípios com registros de inundação bruscas no período de 1991 a 2010. No entanto, alguns fatores podem influenciar na intensidade e área de ocorrência do desastre, como as intervenções antrópicas, morfologia e as características da região (UFSC, 2011).

Classificado também como inundação brusca, os alagamentos são o acúmulo de águas momentâneas decorrente da precipitação em uma área específica em que apresentam sistemas de drenagem ineficientes (MINAS GERAIS, 2015).

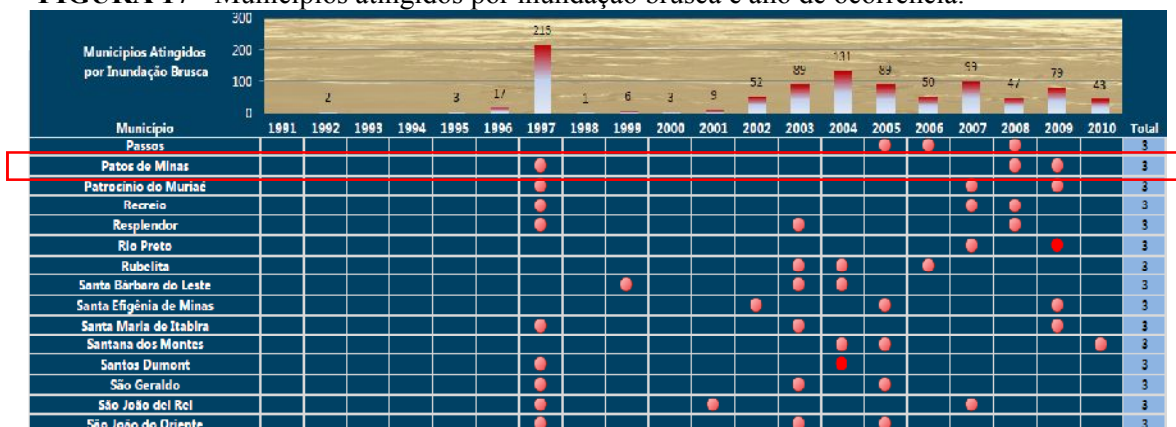
O município de Patos de Minas apresentou 03 registros de inundações bruscas durante o período de 1991 a 2010, sendo um registro no ano de 1997, e os outros dois no ano de 2008 e 2009 (UFSC, 2011). A FIGURA 16 e FIGURA 17 apresentam a quantidade de registros de desastres naturais causados por inundações bruscas ocorridas, para a mesorregião Central Mineira, Noroeste Mineiro e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, no período citado anteriormente, com destaque para o município de Patos de Minas.

FIGURA 16 - Desastres naturais causados por inundações bruscas nas mesorregiões Central Mineira, Noroeste Mineiro e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, em Minas Gerais, no período de 1991 a 2010.



Fonte: UFSC (2011).

FIGURA 17 - Municípios atingidos por inundações bruscas e ano de ocorrência.



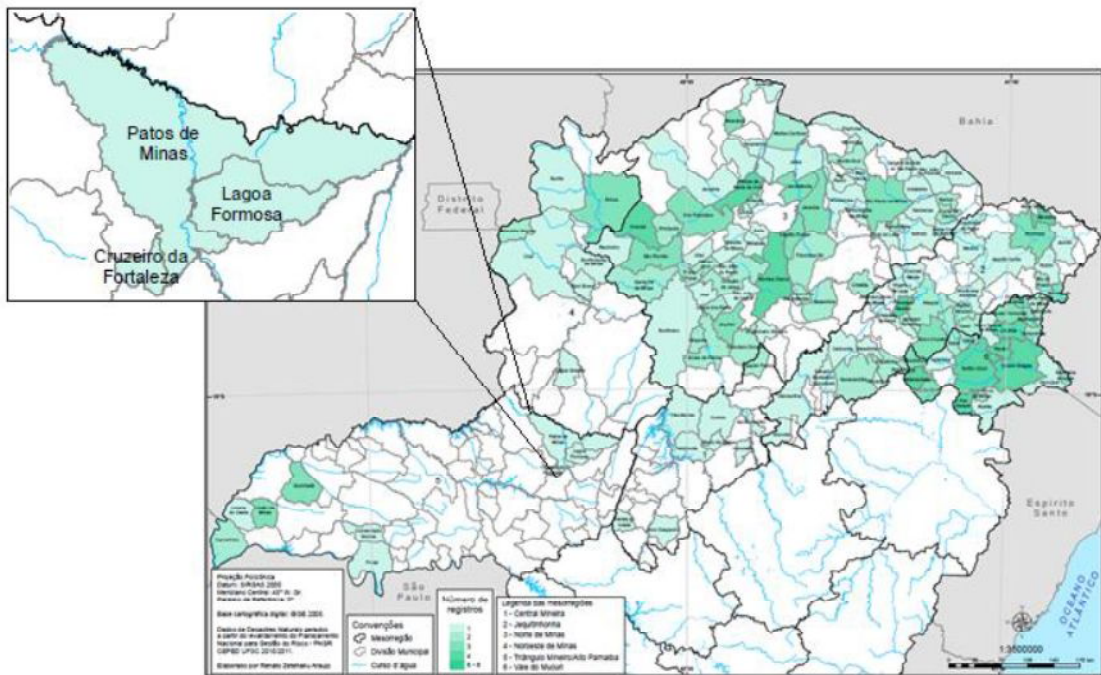
Fonte: Documentos oficiais do Estado de Minas Gerais (2011, apud UFSC, 2011).

Há documentos que oficializam a ocorrência dos registros de inundações bruscas no município de Patos de Minas, para os anos de 1997 de acordo com Ministério do Planejamento e Orçamento (1997). Para o ano de 2008, foi identificado registro de inundações de acordo com o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC (2008), e em 2009 verificou-se registro de inundações segundo o SINDEC (2009). Esses documentos comprobatórios foram levantados durante a execução do Planejamento Nacional para Gestão de Riscos, de 1940 a 2015 (ANEXO C).

A ocupação das planícies de inundação nas áreas urbanas é onde ocorrem normalmente as inundações graduais. Esse processo aumenta o nível dos rios e as pessoas que moram nesta região são alvos dos desastres.

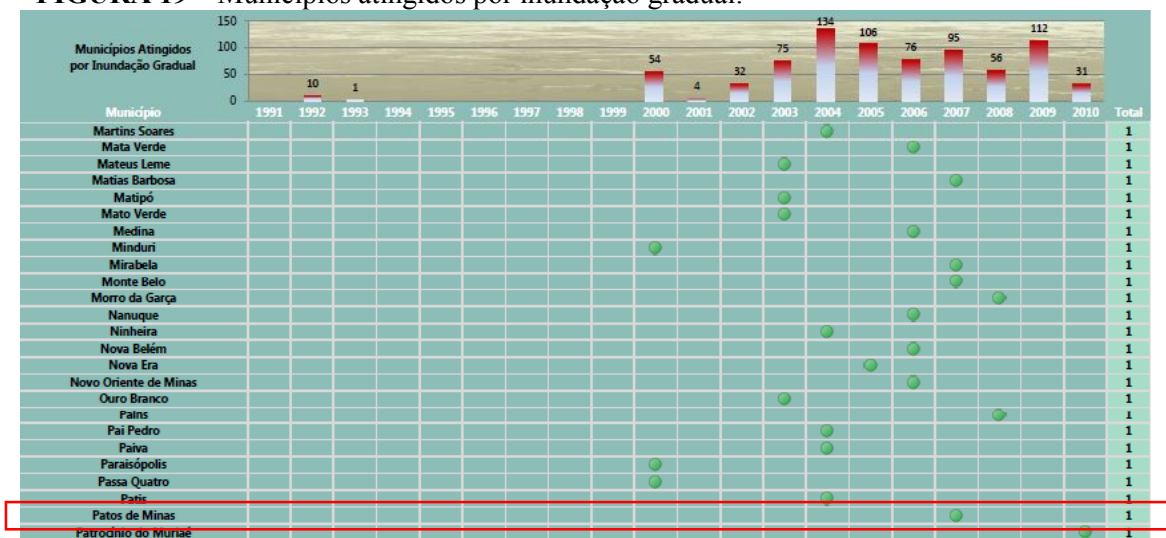
Segundo UFSC (2011) no município de Patos de Minas foi verificada uma ocorrência de inundação gradual no ano de 2007, durante o período de 1991-2010, conforme FIGURA 18 e FIGURA 19.

FIGURA 18 - Desastres naturais causados por inundação gradual em mesorregiões de Minas Gerais no período de 1991 a 2010.



Fonte: UFSC (2011).

FIGURA 19 – Municípios atingidos por inundação gradual.



Fonte: Documentos oficiais do Estado de Minas Gerais (2011, apud UFSC, 2011).

Em consulta ao SINDEC (2007), verificou-se o registro da ocorrência da inundação gradual registrada no ano de 2007 (ANEXO C).

Após essas ocorrências, foram constatados outros registros pela imprensa de Patos de Minas, tais como inundações no córrego do Monjolo, na Avenida Fátima Porto, em março de 2013 publicado no Portal de Notícias Patos 1 (GONTIJO, 2013). A FOTO 4 e a FOTO 5 retratam o evento ocorrido.

FOTO 4 - Inundação ocorrida no córrego do Monjolo, município de Patos de Minas - MG (vista da rua lateral).



Fonte: Araújo (2013a).

FOTO 5 - Inundação ocorrida no córrego do Monjolo, município de Patos de Minas - MG (Avenida Fátima Porto).



Fonte: Araújo (2013b).

Segundo Caixeta (2013) o “surgimento das inundações adjacentes ao canal artificial depende dos cenários de precipitação e de urbanização na bacia”. Em seu leito natural, uma de suas nascentes se encontra em um Parque denominado Mocambo, área importante para infiltração de água e preservação dos recursos naturais, minimizando o escoamento superficial.

No ribeirão da Fábrica, foi verificado um evento ocorrido em novembro de 2015, em um período onde estavam sendo realizadas obras próximo ao curso d’água. A FOTO 6 retrata a inundação, com arraste de árvores.

FOTO 6 - Inundação no ribeirão da Fábrica.



Fonte: Rocha (2015).

Para minimização dos efeitos das inundações nessa região, foi apresentada para imprensa e à população, um projeto de criação do Parque Ecológico do Rio Paranaíba e realocação de famílias dos bairros Vila Rosa e Jardim Paulistano (MUNICÍPIO DE PATOS DE MINAS, 2013).

Borges et al. (2015) utilizaram técnicas de geoprocessamento para gerar cotas de inundação na área delimitada para a construção do Parque Ecológico do Rio Paranaíba e constatou que os fatores prováveis da ocorrência de inundações são as ocupações irregulares e impermeabilização do solo.

3.2 Aspectos físicos e climáticos de Patos de Minas/MG

O município está situado em duas grandes bacias hidrográficas, as dos rios São Francisco e Paraná. O rio Paranaíba faz parte da bacia hidrográfica do rio Paraná e tem sua nascente no município de Rio Paranaíba, na Serra da Mata da Corda, numa altitude de 1.170 metros (MELLO, 2008). O rio Paranaíba é a fonte de água para o município de Patos de Minas, além de ser o principal receptor dos esgotos gerados na área urbana (MELLO, 1982 apud CAIXETA, 2013).

Os principais afluentes do curso d'água principal são: ribeirão da Mata, ribeirão da Fábrica, rio Espírito Santo, ribeirão das Contendas, ribeirão da Cota, ribeirão do Mata Burro.

A bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica está localizada na bacia do rio Paranaíba. Esta bacia possui uma área de drenagem de 222.767 km² e ocupa

aproximadamente 25% da área da bacia do Paraná, em uma extensão que abrange Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul (EUCLYDES et al, 2010).

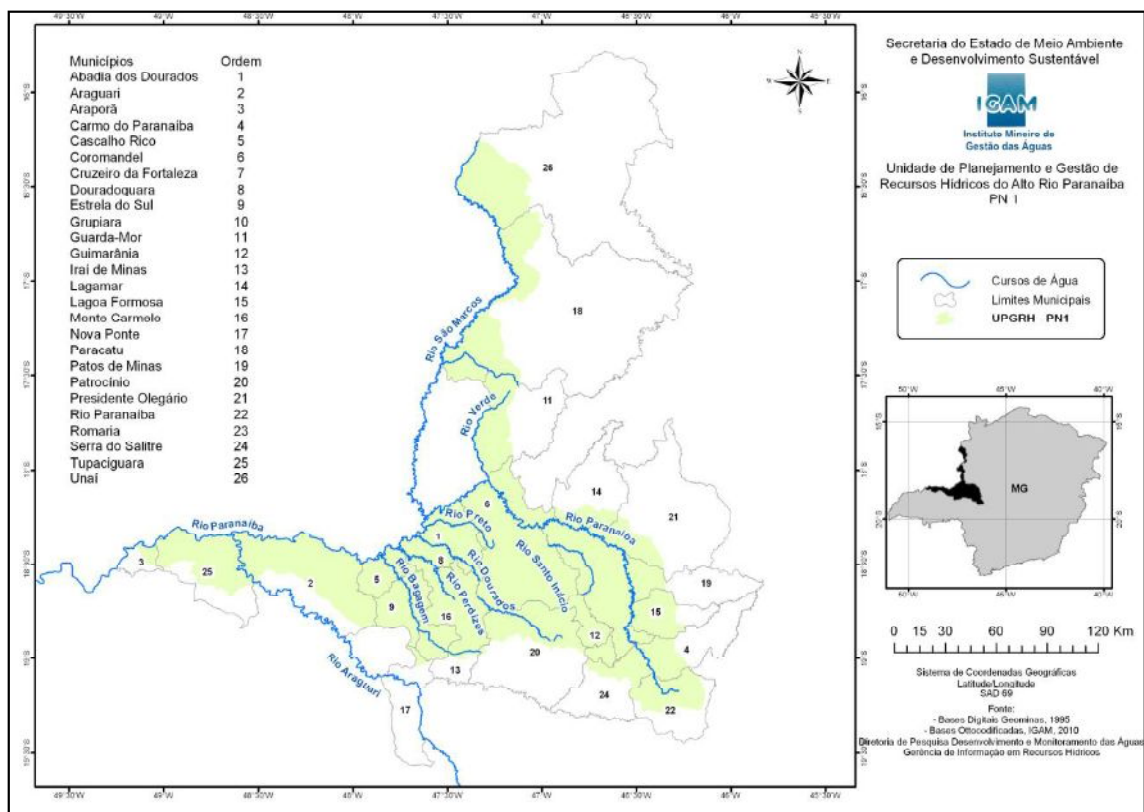
Em Minas Gerais, conforme levantamento realizado pelo programa HIDROTEC (2009), a bacia do rio Paranaíba possui 70.634 km² de área de drenagem e ocupa o 9º lugar em níveis de produção de águas ($Q_{7,10}$ em L/s.km²) (EUCLYDES et al, 2010). Segundo IGAM [201-] a bacia apresenta clima semi-úmido, com disponibilidade hídrica de 10 a 20 L/s.km², e período seco incidindo em quase 5 meses durante o ano.

As bacias hidrográficas são estabelecidas quanto às unidades físico-territoriais denominadas Unidades de Planejamento dos Recursos Hídricos – UPGRHs. Segundo IGAM [201-] essas unidades são identificadas no interior das bacias hidrográficas em Minas Gerais, caracterizadas quanto aos aspectos físicos, sociais e culturais e políticos. Tem a finalidade de nortear as ações relacionadas à aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos.

A bacia do rio Paranaíba se subdivide em 03 UPGRHs, denominados PN 1 (afluentes mineiros do Alto Paranaíba), PN 2 (rio Araguari) e PN 3 (afluentes mineiros do baixo Paranaíba). O município de Patos de Minas está localizado na UPGRH PN 1, sob a atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba – CBH Alto Rio Paranaíba.

De acordo com IGAM [201-] a PN1 está situada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, possui uma área de drenagem estimada de 22.291 km² e abrange várias sedes municipais, dentre eles os municípios de Paracatu, Patos de Minas, Patrocínio, entre outros, com população aproximada de 434.241 habitantes. A FIGURA 20 apresenta a abrangência regional da UPGRH PN 1.

FIGURA 20 - Abrangência da UPGRH PN 1.



Fonte: IGAM [201-].

A bacia do rio Paranaíba possui relevo caracterizado por chapadas como o Planalto Central, com altitudes entre 1.000 e 1.100m, no noroeste de Minas Gerais. Nas regiões montanhosas da bacia estão as nascentes do rio Corumbá, São Marcos e Araguari. Considerada como uma área geomorfológicamente uniforme, a região oeste possui altitudes entre 600 e 900 metros, responsável pelas nascentes dos rios Claro, Verde, dos Bois e o Turvo (EUCLYDES et al., 2010).

Segundo Mello (2008) Patos de Minas está situado no Planalto Central Minas/Goiás, e possui formas de terreno plano e elevado, onde podem ser observadas serras e vales. A altitude varia em aproximadamente 900 metros, sendo o ponto mais baixo 750 metros, localizado no extremo noroeste, na várzea do rio Paranaíba. O ponto mais alto, 1.178 metros, encontra-se na Serra do Pântano.

AB’Sater (1972) caracteriza o relevo de Patos de Minas como um grande conjunto do relevo brasileiro denominado Chapadões Tropicais do Brasil Central, com predomínio do cerrado.

Minas Gerais, estado onde se localiza a área de estudo, possui clima tropical úmido (Aw) pela classificação de Köppen apresentando inverno seco e verão chuvoso (KOTTEK et al., 2006). Patos de Minas apresenta temperatura média mensal no inverno de 18° C, precipitação menor que 60 mm no mês seco. Essa classificação climática é encontrada em áreas de altitudes baixas de Minas Gerais, como a região oeste do Triângulo Mineiro (UFSC, 2011). Tecsan (2013) verificou que a temperatura média anual para a região foi de aproximadamente 21°C, e temperatura máxima de 28°C.

3.3 Histórico, aspectos sociais e econômicos

A origem do nome “Patos de Minas” se deve a quantidade de patos que habitavam uma grande lagoa, mais tarde conhecida como Lagoa dos Patos. O processo de colonização na região provavelmente ocorreu em meados do século XVIII, antecedendo o período da descoberta do ouro nas regiões das minas. Teve como primeiros habitantes lavradores e criadores de gado, estes visitados constantemente por tropeiros. A formação do arraial se estabeleceu no século XIX, com a doação de uma gleba de terras denominada “Os Patos”, para fins de construção de uma capela, por um casal de devotos de Santo Antônio dos Patos, Antônio Joaquim da Silva Guerra e sua esposa Luzia Corrêa de Andrade (MUNICÍPIO DE PATOS DE MINAS, [201-]).

Com o crescimento populacional, o povoado tornou-se arraial e depois vila. Patos de Minas foi categorizado como cidade, em 24 de maio de 1892 pelo presidente do estado de Minas Gerais. Em 1943, o governo altera o nome da cidade para Guaratinga, gerando insatisfação na população. Dois anos após essa mudança, e devido aos apelos populares, altera-se novamente o nome para Patos de Minas, para distingui-lo de Patos da Paraíba, considerado o município mais antigo. O aniversário da cidade é comemorado em 24 de maio, ocasião esta em que se realiza a Festa Nacional do Milho (MUNICÍPIO DE PATOS DE MINAS, [201-]).

O desenvolvimento do município ocorreu em várias fases, sendo a primeira, na década de 30, através das intervenções positivas realizadas pelo presidente do Governo do Estado, Olegário Dias Maciel. Este, por sua vez, era morador da cidade neste período. As melhorias alcançadas foram construção de infraestruturas destinadas à educação, saúde e área jurídica, sendo essenciais para o destaque do município na região.

Na década de 50, houve a implantação de grandes empresas e a construção do terminal rodoviário, que possibilitou a ligação com outros municípios. Segundo Melo (2011) esse período consistiu no desenvolvimento agrícola, com a vinda do engenheiro agrônomo Antônio Secundino de São José, que produzia sementes de milho híbrido em grande escala. Para atender a demanda agrícola, trabalhadores de várias regiões se deslocaram para o município, contribuindo para o aumento demográfico e econômico.

Na década de 60 ocorreu uma paralisação econômica devido à fundação da nova capital do Brasil, Brasília, que estimulou a migração dos habitantes do município a buscar novas oportunidades. Em 1970, verificaram-se acontecimentos importantes, como a criação da Fundação Educacional de Patos de Minas (FEPAM) com o início do primeiro curso de ensino superior; instalação da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG); asfaltamento da BR-354 e BR-365.

No fim dos anos 70, foi considerado de grande desenvolvimento econômico no município. Neste período, (a) foi descoberta uma jazida de fosfato sedimentar, que ocasionou a vinda do Presidente da República, General Ernesto Geisel, em 1974; (b) houve ocupação gaúcha por residências e escritórios, com a venda de sementes cultivadas em áreas vizinhas; (c) instalação de indústrias de confecções e unidade da CICA, que incentivou o aumento do cultivo de milho, ervilhas e tomates na região (IBGE, 2016).

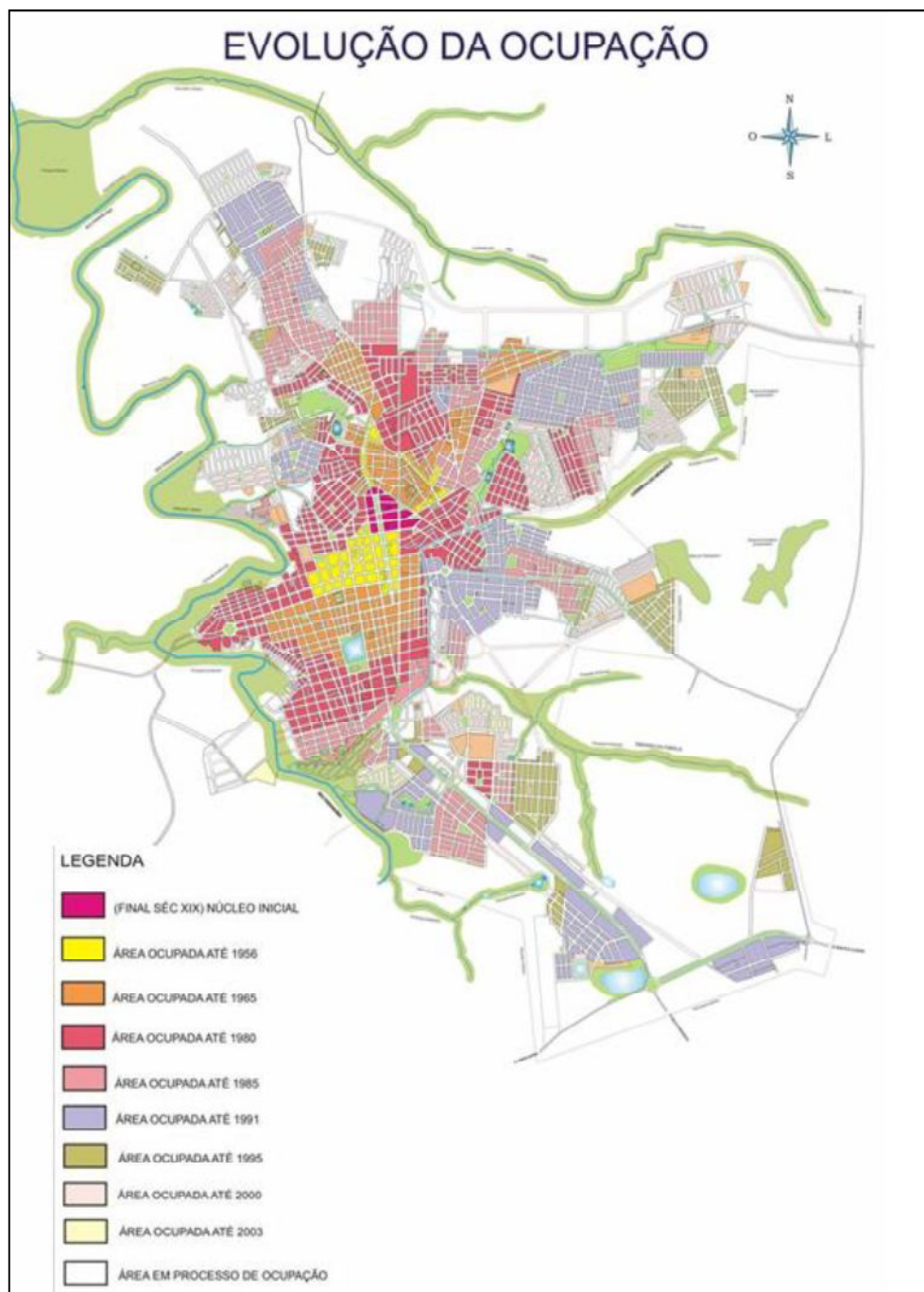
O projeto Polocentro, do Governo Federal, incentivou o aproveitamento agrícola, com o desenvolvimento da atividade agroindustrial no município e região. Segundo Magrini (2008) Patos de Minas, considerada uma cidade média do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, se tornou pólo regional na economia brasileira, ocupando o quinto lugar entre os municípios com maior índice de desenvolvimento econômico no período de 1970 e 1996.

Atualmente, Patos de Minas desenvolve atividades agrícolas, com a produção de grãos e hortifrutigranjeiros, com destaque para milho, arroz, soja, feijão, café, abacaxi, tomate e horticultura (MUNICÍPIO DE PATOS DE MINAS, [201-]). A bovinocultura de corte (extensiva e leiteira) é de suma importância para a economia municipal, contando com um rebanho efetivo de 228.900 cabeças (IBGE, [201-]).

De acordo com o levantamento realizado pelo IBGE, em 2010, o setor que possui maior índice na categoria Produto Interno Bruto – PIB são os serviços prestados, exclusive administração, saúde e educação pública e seguridade social, com R\$1.845.900,00.

Em relação ao índice populacional, na década de 70 o município possuía 76.711 habitantes, com crescimento observado de aproximadamente 70% no ano de 1996 (112.384 habitantes). De acordo com levantamento realizado em 2010, Patos de Minas possui 138.710 habitantes, sendo 127.724 residentes na área urbana e 10.986 residentes na área rural (IBGE, [201-]). A FIGURA 21 apresenta a evolução da ocupação urbana no município de Patos de Minas.

FIGURA 21 - Evolução da ocupação urbana.



Fonte: Patos de Minas [2006].

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Aquisição e adequação de uma base de dados para a bacia do ribeirão da Fábrica

Inicialmente, foram disponibilizadas duas cartas topográficas digitalizadas da área de estudo, pelo Laboratório de Cartografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Essas cartas foram elaboradas pelo Exército Brasileiro, denominadas SE-23-Y-A-VI (Folha 2454 - Patos de Minas) e SE-23-Y-B-IV (Folha 2455 - Carmo do Paranaíba), em escala de 1:100.000. Além desses arquivos, foram adquiridas outras bases digitais, a saber:

- (a) Mapa Planialtimétrico da área urbana de Patos de Minas – MG;
- (b) Modelo topográfico digital derivado do *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* que abrange a área de estudo;
- (c) Imagem do satélite RapidEye que abrange a área de estudo.

O processamento digital dos dados supracitados foi realizado através do software de geoprocessamento ArcGIS e através de consultas no Google Earth Pro. O sistema de coordenadas adotado para a área de estudo foi *Universal Transversa de Mercator – UTM*, SIRGAS 2000, 23K Sul.

Para atender aos objetivos propostos, foi necessário fazer uma adequação dos arquivos digitais disponíveis. Nos tópicos abaixo são apresentados os procedimentos realizados para cada base de dados.

4.1.1 Mapa planialtimétrico – Patos de Minas/MG

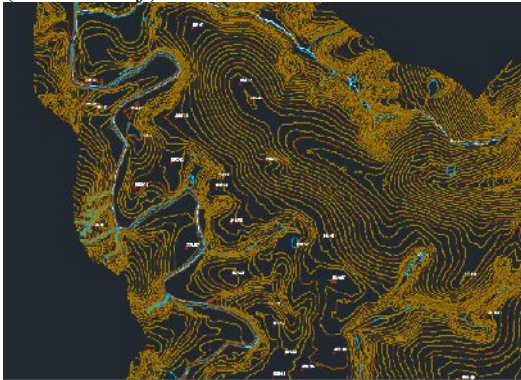
A Prefeitura Municipal de Patos de Minas disponibilizou Mapa Planialtimétrico em formato *dxf* da área urbana, que possui curvas de nível com equidistância de 5 metros, com escala 1:10.000, elaborado no ano de 2013. Os arquivos de extensão *dxf* são amplamente utilizados e aceitos em programas de desenho como o Autodesk AutoCAD, no entanto, no ArcGIS são aceitos arquivos em formato *shapefile*.

A bacia do ribeirão da Fábrica ocupa região além do perímetro urbano, dentro do município, que não possui levantamento de curvas de nível pela Prefeitura na área total

estudada. Para obter uma base de dados adequada ao trabalho proposto, estabeleceram-se curvas de nível com equidistância de 10 metros.

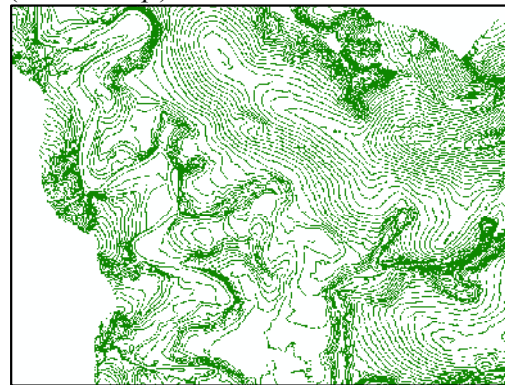
O procedimento inicial foi transformar as curvas de nível da área urbana que estavam em formato *dxf* (FIGURA 22) para arquivos vetoriais *shp* (*shapefile*) (FIGURA 23).

FIGURA 22 - Curvas de Nível de 5 metros da área urbana de Patos de Minas - MG (formato *dxf*).



Fonte: Elaborado pela autora.

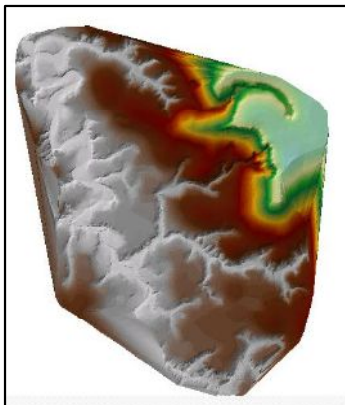
FIGURA 23 - Curvas de Nível de 5 metros da área urbana de Patos de Minas - MG (formato *shp*).



No software ArcGIS, foi processado o arquivo *shp* extraído da base cartográfica e interpolados Modelo Numérico de Terreno (MNT) (FIGURA 24).

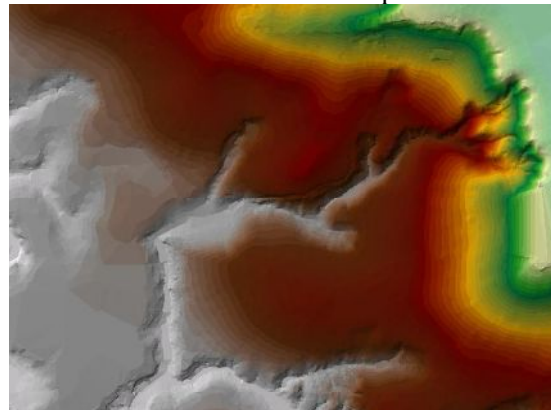
O MNT foi obtido pelo método da Triangulação de Delauney, que utiliza grade irregular triangular (*Triangular Irregular Network - TIN*) para interpolação de curvas de nível. A grade irregular triangular resulta em um poliedro de faces triangulares, cujos pontos amostrais são ligados por linhas, não havendo estimação dos valores de cota dos vértices (FELGUEIRAS, 2001).

FIGURA 24 - TIN das curvas de nível.



Fonte: Elaborado pela autora.

FIGURA 25 - Zoom no arquivo TIN.



Em seguida, o TIN gerado foi transformado em arquivo do tipo *raster* ou *grid* com dimensão de 10 metros (FIGURA 26), por meio do diretório de ferramenta *3D Analyst Tools – conversion – from TIN – TIN to raster*.

Para edição e utilização como base de dados no projeto, tornou-se necessário a conversão do *raster* em *shp*. Dessa forma, as curvas de nível com equidistância de 10 metros foram extraídas por meio da ferramenta *Spatial Analyst Tools - surface – contour* do software ArcGIS (FIGURA 27).

FIGURA 26 - Arquivo *raster* das curvas de nível de 10 metros- Modelo Digital de Elevação.

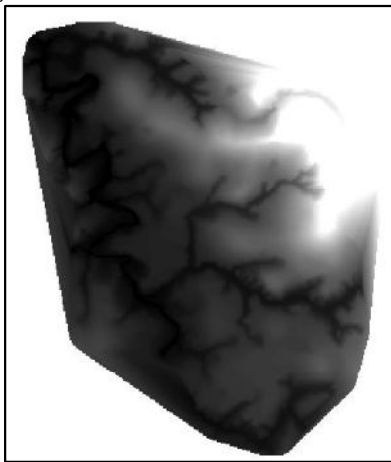
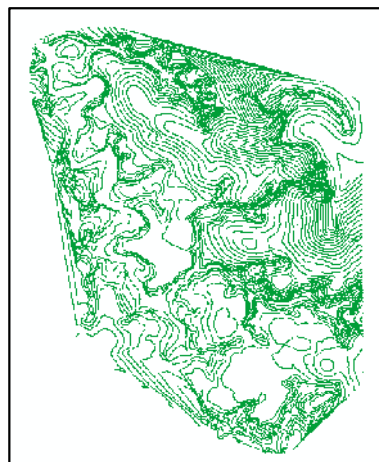


FIGURA 27 - Arquivo *shp* - Curvas de nível de 10 metros.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.2 Modelo Digital de Elevação (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*

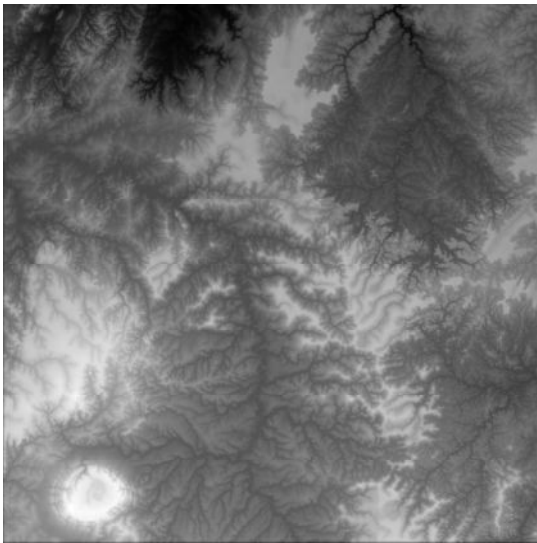
O MDE utilizado foi uma imagem proveniente da missão *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, denominada SRTMGL1, com resolução espacial de 30 metros, disponibilizada gratuitamente pelo *United States Geological Survey (USGS, 2000)*. A data de entrada da imagem é 11 de fevereiro de 2000, possui extensão *hgt* compactado, 16 *bits*, sistema de projeção geográfica e datum WGS84, sendo as altitudes dadas em metros.

O arquivo SRTM utilizado para este estudo é denominado S19W047.SRTMGL1.hgt (FIGURA 28), nome este que se refere à latitude e longitude do canto sudoeste (inferior esquerdo) da telha. Portanto, a imagem tem o seu canto

inferior esquerdo a 19 graus de latitude sul e 47 graus de longitude oeste e abrange a área 19-20°S e 46-47°O.

Foi necessário fazer um prévio tratamento na imagem, pois sem essa manipulação, o arquivo não seria reconhecido no *software* ArcGIS. Dessa forma, o arquivo foi convertido para tiff/geotiff no software ENVI 4.7, sendo a mudança no datum realizada no ArcGIS.

FIGURA 28 - Imagem SRTM disponibilizada gratuitamente pelo USGS.



Fonte: USGS (2000).

Através da ferramenta *Spatial Analyst Tools – Surface – Contour* foram geradas as curvas de nível de 30 metros de equidistâncias (FIGURA 29) e posteriormente em 10 metros (FIGURA 30).

FIGURA 29 - Arquivo *shp* das curvas de nível com 30 metros de equidistância.

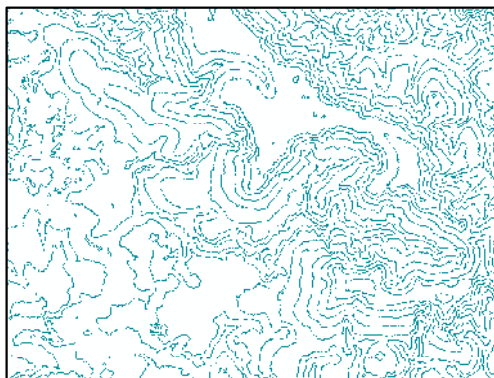
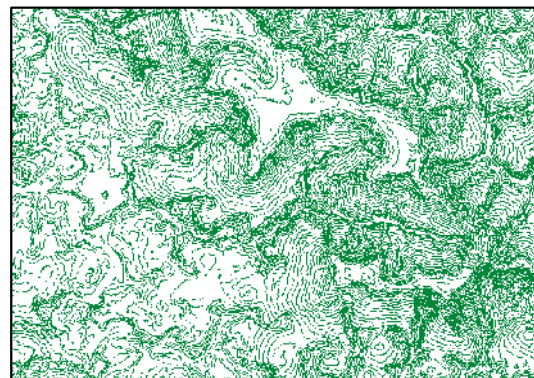


FIGURA 30 - Arquivo *shp* das curvas de nível com 10 metros de equidistâncias.



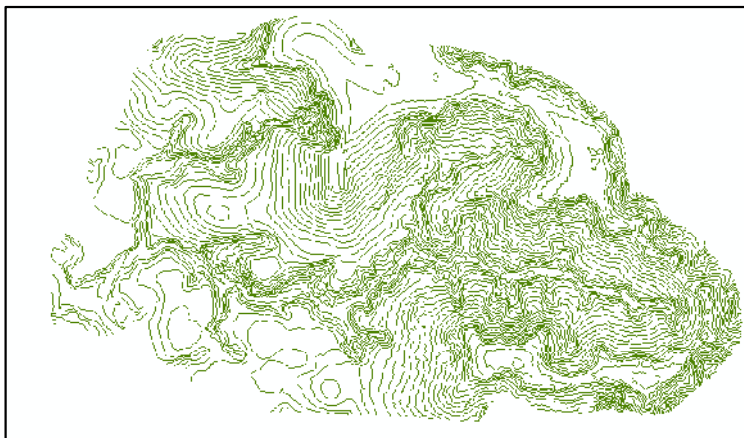
Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.3 Junção dos arquivos e elaboração da base de dados

Os dois arquivos digitais de curvas de nível, sendo um deles retirado do Mapa Planialtimétrico da Prefeitura Municipal de Patos de Minas e outro arquivo extraído pela imagem *SRTM*, foram tratados para atender a base de dados necessária ao desenvolvimento deste trabalho, apresentando curvas de nível com equidistâncias de 10 metros.

Para fazer a junção dos dois arquivos, primeiramente foi feito um recorte dos dois arquivos através da ferramenta *Analysis Tools – clip*, utilizando um polígono que corresponde aproximadamente a área da bacia hidrográfica. Após esse procedimento, os arquivos foram juntados através da ferramenta *Data Management Tools – merge* (FIGURA 31).

FIGURA 31 - Arquivo gerado após a aplicação da função *merge*.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a geração do arquivo *raster* das curvas de nível gerada, no software ArcGIS, foi processado o arquivo *shp* interpolados MNT pelo método da *Triangular Irregular Network – TIN* (FIGURA 32) para interpolação de curvas de nível.

Em seguida, o TIN gerado foi transformado em arquivo do tipo *raster* ou *grid* com dimensão de 10 metros (FIGURA 33), por meio do diretório de ferramenta *3D Analyst Tools – conversion – from TIN – TIN to raster*.

FIGURA 32 - Arquivo TIN.

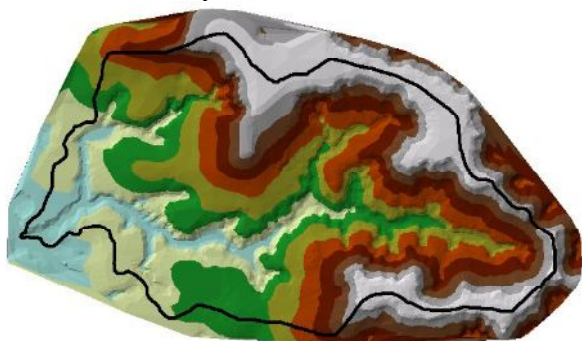
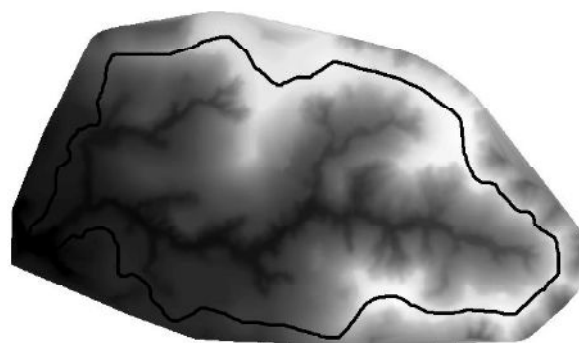


FIGURA 33 - Arquivo *raster*.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.4 Imagem RapidEye

O satélite RapidEye foi lançado em 29 de agosto de 2008 por um foguete russo (DNEPR-1), cujo controle atualmente é realizado por uma empresa privada alemã. Composto por um conjunto de cinco pequenos satélites multiespectrais, a missão foi possível por meio de uma parceria com uma empresa canadense do ramo da astronáutica, que disponibilizou as ferramentas para o processamento inicial de dados e armazenamento de imagens dos satélites (EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE, 2013).

A vantagem da imagem RapidEye é a rapidez de atualização dos dados, ou seja, a aptidão em produzir conjuntos de imagens de qualquer região da Terra em curto espaço de tempo, sendo útil para o monitoramento na agricultura, cartografia, áreas de vegetação nativa, entre outros.

As imagens do satélite RapidEye que contempla a área completa do Brasil está disponível no sítio do Ministério do Meio Ambiente – MMA, destinadas à pesquisa e ações. Portanto, para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado *download* de imagem de satélite RapidEye (FIGURA 34), com resolução espacial de 5 metros da área de estudo, gratuitamente, com data de 23/05/2014 (MMA, 2014).

Os sensores orbitais instalados nos cinco satélites denominados *RapidEye Earth Imaging System – REIS* alcançam cinco faixas espectrais, a saber:

- Azul (440 – 540 nm);
- Verde (520 – 590 nm);
- Vermelho (630 – 685 nm);
- Red – Edge (690 – 730 nm);
- Infravermelho Próximo (760 – 850 nm)

A faixa espectral denominada Red-Edge possui a capacidade de detectar alterações de clorofila das plantas devido a sua sensibilidade. A faixa imageada pelo satélite é de 77,25 km, sendo o tamanho da cena de 25,0 x 25,0 km na imagem ortorretificada, considerada como produto padrão. A resolução radiométrica da imagem, ou seja, o número de dados contidos em cada banda é de 12 bits por pixel e resolução espacial disponibilizada pelo sensor de 6,5 metros e de 5 metros nas ortoimagens (ENGESAT, 2016).

Para a utilização da imagem de satélite de acordo com as áreas de interesse, foi realizada a composição de bandas RGB (FIGURA 35), utilizando a ferramenta: *Data management tools – raster – raster processing – composite bands*, sendo:

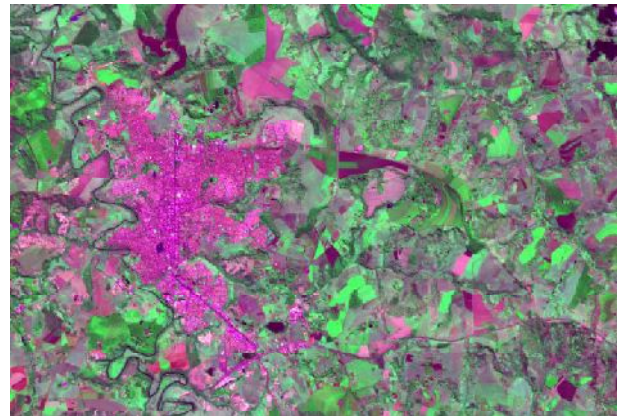
- R (red): banda 2 (verde 520-590 nm),
- G (green): banda 3 (vermelho 630-685 nm), e
- B (blue): banda 5 (infravermelho próximo 760-850 nm).

FIGURA 34 - Imagem original RapidEye.



Fonte: MMA (2014).

FIGURA 35 - Imagem após a composição RGB.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.5 Delimitação da bacia hidrográfica

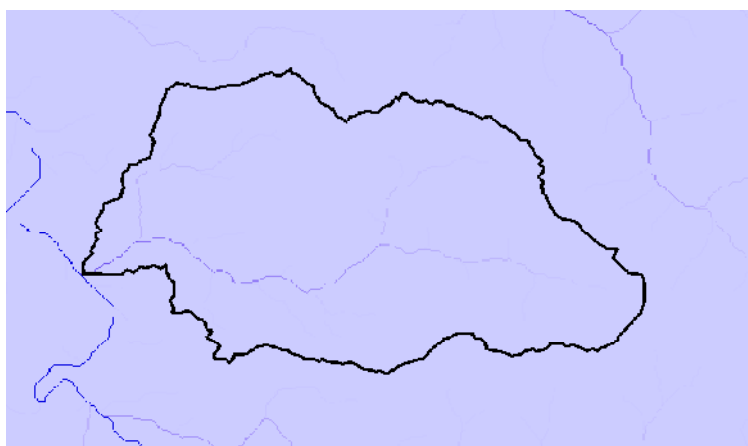
Após a geração do MNT e arquivo *raster*, foi delimitada a bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica, sendo gerados os canais de drenagem e sub-bacias que integram a área de estudo. Os cursos d'água gerados são verificados com os arquivos digitais da Prefeitura Municipal de Patos de Minas, o que contribui para a visualização das feições do terreno e possíveis correções, se necessário.

A delimitação automática da bacia utilizando o *SRTM* gerado nesta última etapa, foi realizada em quatro etapas, a saber:

- *Fill sinks*: essa função permite correções no *SRTM*, de modo que esta considera as altitudes dos pixels vizinhos para preencher, suavizando a consistência no mapa;
- *Flow direction*: refere-se as relações hidrológicas entre pontos diferentes dentro de uma bacia hidrográfica, origina uma grade regular definindo as direções de fluxo, adotando por base a linha de maior declividade do terreno;
- *Flow accumulation*: refere-se a rede hidrográfica, no entanto é possível obter uma nova grade contendo os respectivos valores de acúmulo de água dentro de cada pixel;
- *Watershed*: é realizada com base nos mapas de direção de fluxo e fluxo acumulado.

Após o processamento das informações na função *Watershed*, gerou-se a delimitação da bacia que, na sequência foram convertidas para o formato vetorial, na função *Raster to Features* da extensão *Spatial Analyst*. Em seguida, utilizou-se o comando *Stream Network* para delimitação da hidrografia (FIGURA 36).

FIGURA 36 – Delimitação da área da bacia hidrográfica e hidrografia.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Dados morfométricos da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica

A análise das características físicas da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica foi realizada utilizando o *software* ArcGIS 9.3 como ferramenta. Os fatores analisados foram:

- Área;
- Fator de forma (Kf);
- Coeficiente de compacidade (Kc);
- Elevação média da bacia;
- Declividade média da bacia;
- Classificação do curso d'água segundo o método de Strahler;
- Densidade de drenagem;
- Sinuosidade do curso d'água principal;
- Declividade do curso d'água principal.

4.3 Mapeamento de hipsometria da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica

A hipsometria foi gerada a partir do arquivo *raster* gerado das curvas de nível de 10 metros, em que apresentou altitudes de no mínimo 780 metros e no máximo 1100 metros. A TABELA 5 apresenta a variação da altitude na área de estudo.

TABELA 5 - Classes de hipsometria levantadas na área de estudo.

ID	ALTITUDE (metros)
1	< 800
2	800 - 850
3	850 - 900
4	900 - 950
5	950 - 1000
6	1000 - 1050
7	1050 - 1100

Fonte: Elaborada pela autora.

O intervalo de classes foi determinado de acordo com a ocorrência das altitudes na bacia hidrográfica. A classificação é realizada em *layer properties – symbology – classified – break values*.

4.4 Mapeamento da declividade da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica

A declividade foi gerada utilizando o arquivo *raster* das curvas de nível de 10 metros. Primeiramente foi realizado o preenchimento para corrigir possíveis falhas no arquivo vetorial, utilizando a função *fill*, no diretório do *Spatial Analyst Tools*. Em seguida, aplicou-se a seguinte ferramenta: *Spatial Analyst Tools – surface – slope (percent rise)*.

As classes de declividade na bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica foram adaptadas de EMBRAPA (2006), e sua parametrização está compilada na TABELA 6.

TABELA 6 – Classes de declividade identificadas na área de estudo.

ID	DECLIVIDADE (%)	DESCRIÇÃO
1	0 – 2	Relevo plano
2	2 – 5	Relevo suavemente ondulado
3	5 – 8	Relevo moderadamente ondulado
4	8 – 12	Relevo ondulado
5	12 – 20	Relevo fortemente ondulado
6	>20	Relevo montanhoso

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2006).

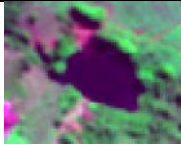


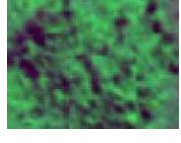

4.5 Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal nativa da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica

Inicialmente foi realizada visitas a campo para levantamento e identificação das classes de uso da terra e cobertura vegetal nativa. A análise das classes obtidas foi realizada por meio da técnica de interpretação visual em tela na imagem do satélite RapidEye, utilizando ferramentas de digitalização manual do software ArcGIS 9.3. A técnica de interpretação visual de imagens segundo Panizza e Fonseca (2011) consiste em três etapas, denominadas: identificação, determinação e interpretação.

A primeira etapa corresponde em uma análise prévia da imagem. Na segunda, o usuário desenvolve processos dedutivos ou indutivos e, na terceira fase, são criadas ligações entre os objetos identificados na imagem e elabora-se suposições explicáveis (PANIZZA E FONSECA, 2011).



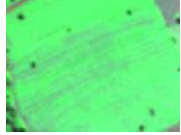

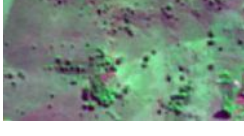


De modo a contribuir para a identificação das classes de uso da terra e cobertura vegetal nativa, elaborou-se uma chave de interpretação (TABELA 7), abordando três critérios: cor, textura e forma.

TABELA 7 - Chave de interpretação da área de estudo.

CLASSES DE USO DA TERRA	CRITÉRIOS DE INTERPRETAÇÃO	IMAGEM RAPIDEYE R3G5B2
Água	Cor: Preto Textura: Liso Forma: Regular	
Área construída (edificações, malha viária)	Cor: Ciano Textura: Rugosa Forma: Irregular	
Áreas verdes/ lotes vagos	Cor: Verde escuro Textura: Lisa Forma: Regular	
Cobertura Vegetal Nativa	Cor: Verde escuro Textura: Rugosa Forma: Irregular	
Construções rurais	Cor: Verde e ciano Textura: Pouco Rugosa e Liso Forma: Pouco Irregular	

...continua...

TABELA 7, Cont.

Estradas não pavimentadas	Cor: Ciano Textura: Liso Forma: Regular	
Lavoura permanente	Cor: Verde escuro Textura: Pouco Rugosa Forma: Pouco Irregular	
Lavoura temporária (culturas anuais)	Cor: Verde claro Textura: Lisa Forma: Regular	
Loteamentos	Cor: Verde e ciano Textura: Liso e Pouco Rugosa Forma: Pouco Irregular	
Pastagem	Cor: Verde escuro Textura: Pouco Rugosa Forma: Pouco Irregular	
Silvicultura	Cor: Verde claro Textura: Pouco Rugosa Forma: Pouco Irregular	
Solo exposto	Cor: Ciano claro Textura: Lisa Forma: Regular	

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a interpretação da imagem foi realizada a vetorização manual na imagem de satélite (FIGURA 37), sendo identificadas 12 classes de uso da terra e cobertura vegetal de acordo com IBGE (2013).

FIGURA 37 - Vetorização em tela na imagem RapidEye de uma região localizada na bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

Através da interpretação visual em tela, foi possível identificar 12 classes de uso do solo, a saber:

- Cobertura vegetal nativa;
- Silvicultura;
- Pastagem;
- Lavoura permanente;
- Lavoura temporária (culturas anuais);
- Solo exposto;
- Áreas verdes/lotes vagos;
- Loteamentos;
- Construções rurais;
- Área construída (edificações, malha viária);
- Estradas não pavimentadas; e
- Água.

Para a classe “áreas verdes e lotes vagos” foram definidos como área verde dois Parques Municipais localizados na área urbana que não apresentam critérios de interpretação iguais conforme a FIGURA 38 e FIGURA 39.

FIGURA 38 - Parque Municipal do Mocambo.

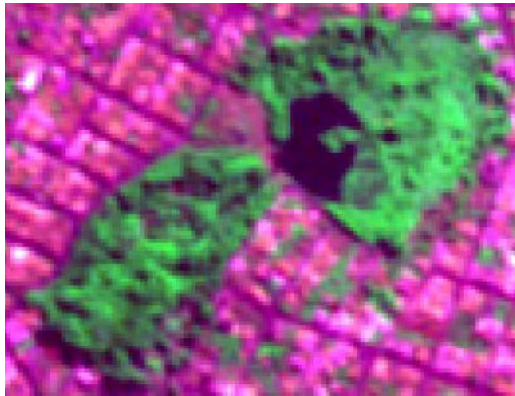


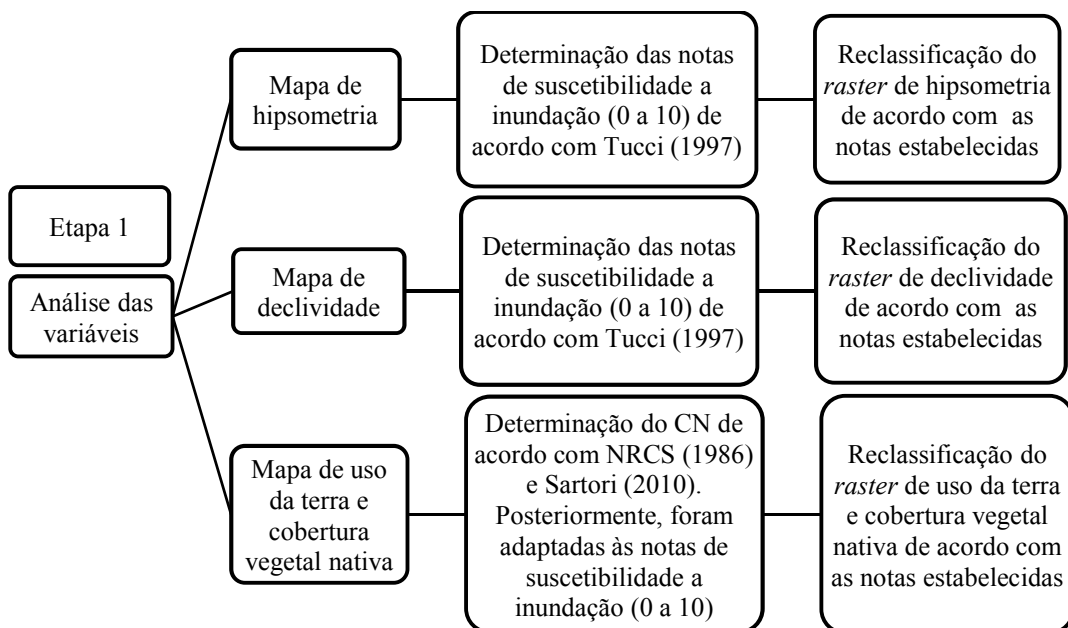
FIGURA 39 - Parque Municipal Mirante do Alto Colina.



4.6 Mapeamento da suscetibilidade a inunda o da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica

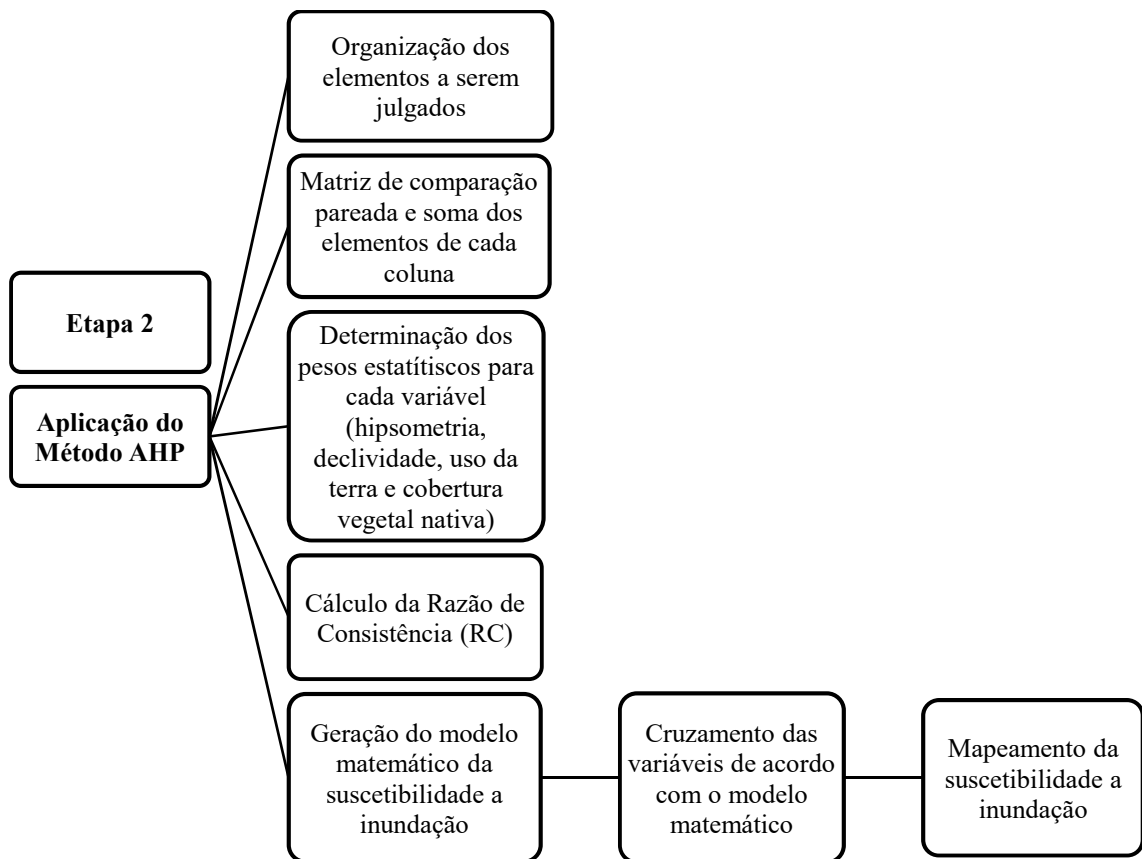
O mapeamento da suscetibilidade a inunda o foi dividido em duas etapas, sendo a primeira etapa referente a análise das variáveis e a segunda etapa, a aplica o do Método AHP. As variáveis adotadas na análise da suscetibilidade a inunda o foram o cruzamento entre os mapas de hipsometria, declividade e uso da terra e cobertura vegetal nativa. A FIGURA 40 e a FIGURA 41 apresenta as duas etapas do processo de análise da suscetibilidade a inunda o.

FIGURA 40 – Etapa 1 do processo de análise da suscetibilidade a inunda o.



Fonte: Elaborada pela autora.

FIGURA 41 – Etapa 2 do processo de análise da suscetibilidade a inundação.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na primeira etapa da análise, foi determinado o nível de suscetibilidade a inundação das variáveis. Dessa forma, foram estabelecidas notas de 1 a 10, sendo a nota da variável próxima de 1 considerada menos suscetível a inundação e quanto mais próximo de 10, a variável torna-se mais suscetível a inundação.

Para as variáveis declividade e hipsometria, as notas foram estabelecidas de acordo com Tucci (1997), o qual afirma que em relevos acidentados, em áreas mais planas e com declividade baixa são mais suscetíveis a inundação. Dessa forma, na TABELA 8 e TABELA 9 são determinadas as notas segundo o grau de suscetibilidade a inundação para as variáveis hipsometria e declividade, respectivamente.

TABELA 8 - Notas estabelecidas a hipsometria segundo o nível de suscetibilidade a inundação.

ID	HIPSOMETRIA (%)	NOTA
1	780 - 800	10
2	800 - 850	9
3	850 - 900	8
4	900 - 950	7
5	950 - 1000	5
6	1000 - 1050	3
7	1050 - 1100	1

Fonte: Elaborada pela autora.

TABELA 9 - Notas estabelecidas a declividade segundo o nível de suscetibilidade a inundação.

ID	DECLIVIDADE (%)	NOTA
1	0 - 2	10
2	2 - 5	9
3	5 - 8	8
4	8 - 12	5
5	12 - 20	3
6	>20	1

Fonte: Elaborada pela autora.

A determinação das notas das classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal Nativa em relação ao índice de suscetibilidade a inundação foi baseada no método hidrológico conhecido como SCS, atual NRCS adaptado por Sartori (2010). Ressalta-se que não foi realizado o cálculo para estimar a chuva excedente, conforme é proposto no método, devido à ausência de dados. O método do CN foi utilizado somente para determinar os pesos em relação à suscetibilidade a inundação.

Foram estabelecidos os seguintes critérios: classificação pedológica do solo para a área de estudo, enquadramento no grupo hidrológico e identificação do CN de acordo com a classe de uso da terra e cobertura vegetal. Posteriormente o CN foi adaptado as notas de suscetibilidade a inundação.

Não foi possível a disponibilização de mapa pedológico da área de estudo. Dessa forma, em análise ao mapa de solos elaborado pelo Departamento de Solos – DPS do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, a área de estudo possui classificação pedológica como Latossolo (SCUDELLER, et al, 2010). É válido ressaltar que o mapa de solos segundo Scudeller et al. (2010) pode apresentar imprecisão nos limites de classes de solos, em razão da transposição da escala 1:650.000 para a escala de trabalho deste estudo.

De acordo com estudos realizados pela Tecsan (2013), a região de Patos de Minas é classificada como Latossolo, classificado como grupo hidrológico B, apresentado por Sartori (2010). As características do grupo hidrológico B, segundo este autor:

São solos que possuem permeabilidade moderadamente rápida e não apresentam dentro de 100 cm de profundidade lençol d'água subterrâneo ou suspenso e camada restritiva forte, mas podem apresentar camada restritiva moderada entre 50 e 100 cm de profundidade. Neste grupo podem ser enquadrados solos bastante intemperizados de textura média, argilosa ou muito argilosa, com teor de óxido de ferro médio a baixo e sem propriedades ácricas, solos que apresentam ou mudança textural abrupta ou horizonte coeso ou horizonte plíntico entre 50 e 100 cm de profundidade e solos Tb com horizonte B textural ou B incipiente com caráter latossólico (SARTORI, 2010).

Dessa forma, considerou-se o grupo hidrológico B para todas as classes de uso da terra e cobertura vegetal e a identificação do CN baseou-se na proposta de Sartori (2010) e NRSC (1986). Na TABELA 10 apresentam-se os valores de CN e a adaptação para os pesos quanto a suscetibilidade a inundação.

TABELA 10 - Classificação hidrológica e determinação do CN.

ID	CLASSES TEMÁTICAS DO USO DA TERRA	CN POR GRUPO HIDROLÓGICO	NOTAS RECLASSIFICADAS
1	Vegetação Nativa	55	6
2	Silvicultura	37	4
3	Pastagem	79	8
4	Lavoura permanente	81	8
5	Lavoura temporária (culturas anuais)	75	8
6	Solo exposto	88	9
7	Áreas verdes/ lotes vagos	61	6
8	Loteamentos	86	9
9	Construções rurais	65	6
10	Área construída (edificações, malha viária)	98	10
11	Estradas não pavimentadas	82	8
12	Água	100	10

*Neste trabalho, para as superfícies cobertas com água, adotou-se o valor de CN igual a 100

Todas as variáveis foram classificadas de acordo com o nível de suscetibilidade a inundação. Dessa forma, foi necessário reclassificar o arquivo *raster*, utilizando a ferramenta *reclass* do menu *spatial analyst* do *software* ArcGIS com as notas informadas.

Após a definição das notas para cada variável, foi realizada a aplicação do método AHP, que consistiu nas seguintes etapas:

- Organização dos elementos a serem julgados;
- Matriz de comparação pareada e soma dos elementos de cada coluna;
- Normalização dos pesos;
- Análise da consistência dos julgamentos: cálculo do autovalor, cálculo do índice de consistência e razão de consistência, determinação dos pesos estatísticos para cada variável;
- Geração do modelo matemático de suscetibilidade a inundação.

As classes de suscetibilidade a inundação foram definidas por meio de uma adaptação de Brasil (2007), em 5 classes: muito alta, alta; médio; baixo; muito baixo.

4.7 Método AHP na análise da suscetibilidade a inundação

Para o mapeamento da suscetibilidade a inundação foi utilizado o método AHP proposto por Saaty (1987). Primeiramente foi realizada a organização dos elementos a serem julgados, a saber: uso da terra e cobertura vegetal nativa, declividade e hipsometria.

Após vários testes utilizando a matriz de comparação pareada e a geração dos resultados, com destaque para o cálculo da Razão de Consistência (RC), foi verificado que duas variáveis (hipsometria e declividade) poderiam ser comparadas de forma aleatória, considerando o julgamento de que uma é fortemente mais importante que a outra, representada pelo número 5.

Dessa forma, criaram-se dois cenários com os elementos julgados, para verificação de qual deles retratará as características reais da área de estudo.

4.7.1 Cenário 1

O cenário 1 considera a declividade como sendo a variável mais importante do modelo. Dessa forma, segue o memorial de cálculo para o mapeamento da suscetibilidade a inundação.

- Organização dos elementos a serem julgados

TABELA 11 - Organização dos elementos a serem julgados.

FATORES	[1]	[2]	[3]
[1]Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Uso da Terra e Cobertura Vegetal/ Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Uso da Terra e Cobertura Vegetal/ Hipsometria	Uso da Terra e Cobertura Vegetal/ Declividade
[2]Hipsometria	Hipsometria/ Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Hipsometria/ Hipsometria	Hipsometria/ Declividade
[3]Declividade	Declividade/ Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Declividade/ Hipsometria	Declividade/ Declividade

Fonte: Elaborado pela autora.

- Matriz de comparação pareada e soma dos elementos de cada coluna

TABELA 12 – Matriz de comparação pareada e soma dos elementos de cada coluna.

FATORES	[1]	[2]	[3]
[1]Uso da Terra e Cobertura Vegetal	1	1/5	1/5
[2]Hipsometria	5	1	1/3
[3]Declividade	5	3	1
TOTAL	11	4,2	1,53

Fonte: Elaborado pela autora.

- Normalização dos pesos

A TABELA 13 apresenta a normalização relativa dos pesos, através da divisão de cada elemento da coluna pela somatória dos elementos da coluna a que ele pertence, respectivamente.

TABELA 13 – Cálculo dos pesos para cada variável.

FATORES	[1]	[2]	[3]
[1]Uso da Terra e Cobertura Vegetal	1 ÷ 11	1/5 ÷ 4,2	1/5 ÷ 1,53
[2]Hipsometria	5 ÷ 11	1 ÷ 4,2	1/3 ÷ 1,53
[3]Declividade	5 ÷ 11	3 ÷ 4,2	1 ÷ 1,53

Fonte: Elaborado pela autora.

Após encontrar os pesos específicos para cada variável, o autovetor é encontrado através da média aritmética de cada linha da matriz (TABELA 14).

TABELA 14 – Normalização do autovetor.

FATORES	[1]	[2]	[3]	Pesos	Autovetor (%)
[1]Uso da Terra e Cobertura Vegetal	0,091	0,047	0,130	0,089	8,9
[2]Hipsometria	0,454	0,238	0,217	0,303	30,3
[3]Declividade	0,454	0,714	0,652	0,606	60,6

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com o resultado do autovetor, indica que a declividade tem importância de 60,6%, a hipsometria 30,3% e o uso da terra e cobertura vegetal 8,9%.

- Análise da consistência dos julgamentos.

Cálculo do autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$)

Inicialmente, foi calculado A_w multiplicando a matriz de comparação pareada com os pesos já identificados na TABELA 14.

$$A_w = \begin{Bmatrix} 1 & 0,2 & 0,2 \\ 5 & 1 & 0,333 \\ 5 & 3 & 1 \end{Bmatrix} \times \begin{matrix} 0,089 \\ 0,303 \\ 0,606 \end{matrix}$$

$$(1 \times 0,089) + (0,2 \times 0,303) + (0,2 \times 0,606) = 0,27$$

$$(5 \times 0,089) + (1 \times 0,303) + (0,303 \times 0,606) = 0,949$$

$$(5 \times 0,089) + (3 \times 0,303) + (1 \times 0,606) = 1,96$$

$$\frac{1}{3} \times \left(\frac{0,27}{0,089} + \frac{0,949}{0,303} + \frac{1,96}{0,606} \right) = 3,13$$

Cálculo do índice de consistência

$$IC = \left(\frac{3,13}{2} \right) - 3 = 0,06$$

Cálculo da razão de consistência com base na TABELA 4 para três variáveis

$$RC = \left(\frac{0,06}{0,6} \right) = 0,10$$

A RC sendo inferior a 0,10 pode-se dar prosseguimento na análise. Ressalta-se que não houve resultados melhores que o encontrado (RC = 0,10). Portanto, considerou-se que este resultado é viável.

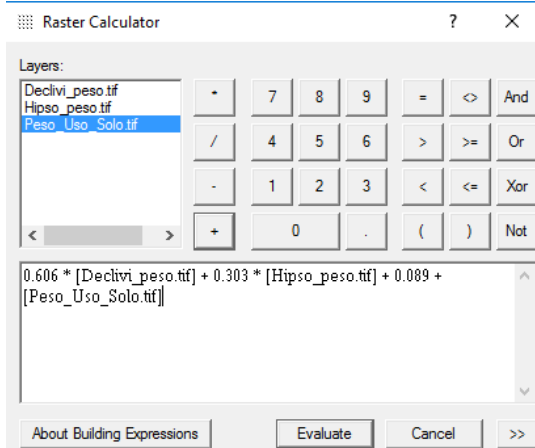
A Equação 10 apresenta o modelo matemático gerado para o cenário 1.

$$SI = (0,606 \times \text{dec}) + (0,303 \times \text{hip}) + (0,089 \times \text{uso da terra}) \quad \text{Equação 10}$$

A sobreposição dos arquivos *rasters* de declividade, hipsometria e uso da terra e cobertura vegetal foram realizados no ArcGIS por meio da ferramenta: *Spatial Analyst – Raster Calculator*. A FIGURA 42 apresenta como foi inserido os valores na calculadora de arquivos *raster*.

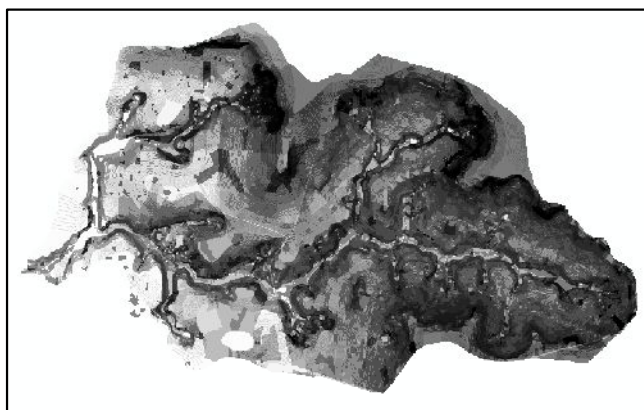
Após a validação da equação e geração do arquivo de suscetibilidade a inundação, foi aplicado um filtro predefinido utilizando a função do *Spatial Analyst Tools - Neighborhood – Filter* (FIGURA 43).

FIGURA 42 - Cálculo realizado no ArcGIS.



Fonte: Elaborado pela autora.

FIGURA 43 - Arquivo *raster* após a aplicação do filtro.



4.7.2 Cenário 2

O cenário 2 considera a hipsometria como sendo a variável mais importante do modelo. A seguir, apresenta-se o memorial de cálculo utilizado.

- Organização dos elementos a serem julgados

TABELA 15 - Organização dos elementos a serem julgados.

FATORES	[1]	[2]	[3]
[1]Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Uso da Terra e Cobertura Vegetal/ Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Uso da Terra e Cobertura Vegetal/ Declividade	Uso da Terra e Cobertura Vegetal/ Hipsometria
[2]Declividade	Declividade/ Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Declividade/ Declividade	Declividade/ Hipsometria
[3]Hipsometria	Hipsometria/ Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Hipsometria/ Declividade	Hipsometria/ Hipsometria

Fonte: Elaborado pela autora.

- Matriz de comparação pareada e soma dos elementos de cada coluna

TABELA 16 – Matriz de Comparação Pareada.

FATORES	[1]	[2]	[3]
[1]Uso da Terra e Cobertura Vegetal	1	1/5	1/5
[2]Declividade	5	1	1/3
[3]Hipsometria	5	3	1
TOTAL	11	4,2	1,53

Fonte: Elaborado pela autora.

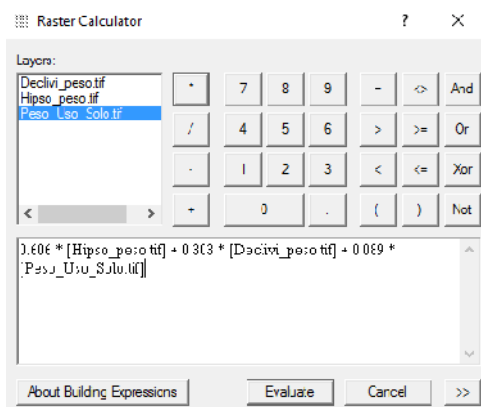
A matriz de comparação pareada do cenário 2 apresentou os mesmos pesos que os do cenário 1. Dessa forma, serão utilizados os pesos finais já calculados para o cenário 2 e será invertida a posição dos elementos (hipsometria com declividade).

A Equação 11 apresenta o modelo matemático gerado para o cenário 2.

$$SI = (0,606 \times hip) + (0,303 \times dec) + (0,089 \times uso \text{ da terra}) \quad \text{Equação 11}$$

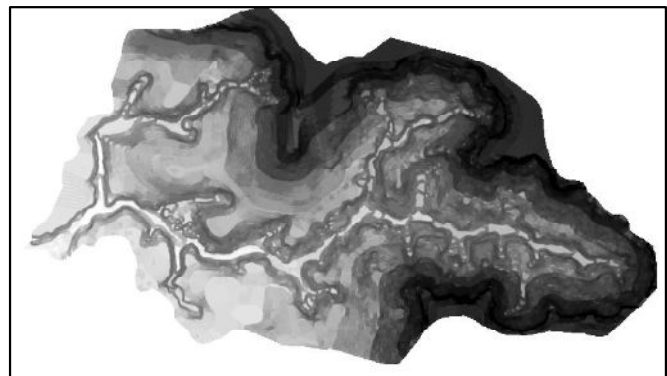
A FIGURA 44 apresenta como foi inserido o modelo matemático na calculadora de arquivos *raster*. Após a validação da equação e geração do arquivo de suscetibilidade a inundação, foi aplicado um filtro predefinido utilizando a função do *Spatial Analyst Tools - Neighborhood - Filter* (FIGURA 45).

FIGURA 44 - Cálculo realizado no ArcGIS.



Fonte: Elaborado pela autora.

FIGURA 45 - Arquivo *raster* após a aplicação do filtro.

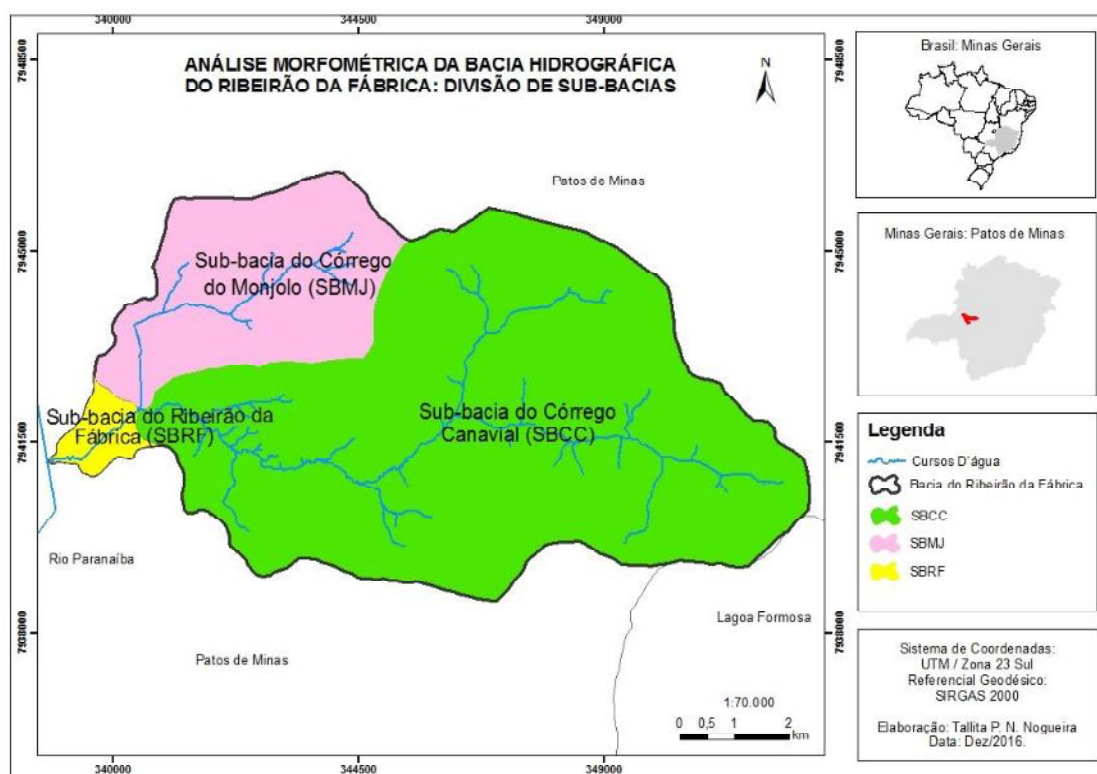


5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica

Para a análise da morfometria da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica, a mesma foi dividida em três áreas, incluindo os cursos d'água contribuintes: sub-bacia do ribeirão da Fábrica (SBRF), sub-bacia do córrego do Monjolo (SBMJ) e sub-bacia do córrego Canavial (SBCC) (FIGURA 46). Os resultados da análise morfométrica para as áreas delimitadas estão apresentados na TABELA 17.

FIGURA 46 – Análise morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

TABELA 17 - Análise morfométrica das sub-bacias da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.

Fatores	Sub-bacia do ribeirão da fábrica (SBRF)	Sub-bacia do córrego canavial (SBCC)	Sub-bacia do córrego do monjolo (SBMJ)
Área	1,56 km ²	53,17 km ²	14,79 km ²
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,39	1,28	1,25
Fator de forma (Kf)	0,09	0,34	0,47
Elevação média da bacia	802 metros	955 metros	913,65 metros
Declividade média da bacia	6,68%	12,29%	10,81%
Densidade de drenagem	1,47 km/km ²	0,80 km/km ²	0,73 km/km ²
Sinuosidade do curso d'água principal	1,24	1,31	1,27
Declividade do curso d'água	0,43%	1,22%	3,39%

Fonte: Elaborado pela autora.

A sub-bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica possui área total de 1,56 km² sendo considerada uma bacia pequena em relação à SBCC e SBMJ, que apresentam área de 53,17 km² e 14,79 km² respectivamente.

Analisando os resultados contidos na TABELA 17 verifica-se que a sub-bacia do ribeirão da Fábrica apresentou Kc de 1,39; o córrego Canavial apresentou coeficiente de 1,28 e a sub-bacia do córrego do Monjolo de 1,25, sendo consideradas regiões com tendência mediana a grandes enchentes. Esse valor denota que a bacia possui forma pouco semelhante à de um círculo.

O Kf estabelece outro índice indicativo de tendência a enchentes, que relaciona a largura média e comprimento axial da bacia. Para a SBRF e SBCC, obteve-se um valor inferior a 0,50 que corresponde a uma bacia não sujeita a enchentes. Em análise a esses dois fatores para a bacia, sendo Kc afastado da unidade e Kf com valor baixo, considera-se que a bacia apresenta formato estreito e alongado. A bacia apresentando essas características, Vilela e Matos (1975) afirmam que:

[...] há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão; e também, numa tal bacia, a contribuição dos tributários atinge o curso d'água principal em vários pontos ao longo do mesmo, afastando-se, portanto, da condição ideal da bacia circular do coeficiente de compacidade, na qual a concentração de todo o deflúvio da bacia se dá num só ponto.

Estudo realizado por Tonello (2006) também apresentou resultado semelhante na bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, em que o valor do coeficiente de compacidade foi acima da unidade e o fator de forma abaixo de 0,50. A bacia foi considerada como alongada e estreita. As bacias alongadas apresentam menor concentração de escoamento (VILELA E MATOS, 1975 apud TONELLO, 2006). Portanto, em condições normais de precipitação, a sub-bacia do ribeirão da Fábrica e do córrego Canavial não possui risco a enchentes.

No que diz respeito à sub-bacia do córrego Monjolo (SBMJ), por meio das informações compiladas na TABELA 17 verifica-se a mesma apresentou Kf igual a 0,47 o que se aproxima do índice 0,50. Dessa forma, a bacia pode ser considerada com tendência mediana a enchentes e com formato próximo a de um retângulo.

Portanto, verifica-se pelos resultados obtidos que as três sub-bacias apresentadas são bacias não sujeitas a enchentes. Além disso, pode-se deduzir também, que se uma grande enchente acontecer, ela será de proporções medianas. Contudo, um acontecimento desse tipo poderá ocorrer, pois sempre haverá a chance de um evento de chuvas extremas ser igualado ou superado. Corrobora com essa análise as imagens obtidas por Janes Studio (1983), Araújo (2013) e Rocha (2015), em que se verifica o nível de magnitude mediano.

A elevação média da SBCC correspondeu a 955 metros de altitude (TABELA 17), sendo considerada uma bacia com altitudes elevadas. Segundo Castro e Lopes (2001 apud Tonello, 2006) áreas localizadas em grandes altitudes possuem a tendência de receber maior quantidade de água da chuva, sendo o aquífero responsável pelas nascentes, abastecido regularmente. A SBMJ apresentou elevação entre 790 e 1070 metros de altitude, com média de 913, 65 metros.

A declividade média da SBRF apresentou aproximadamente 6% de inclinação, caracterizado por relevo suave a moderadamente ondulado, no entanto, verificou-se que nas altitudes baixas a área apresenta relevo plano. Diferentemente da SBRF, as sub-bacias tributárias apresentaram declividade média de 12,29% para a SBCC, apresentando relevo fortemente ondulado e, a SBMJ 10,81%, sendo o relevo considerado ondulado.

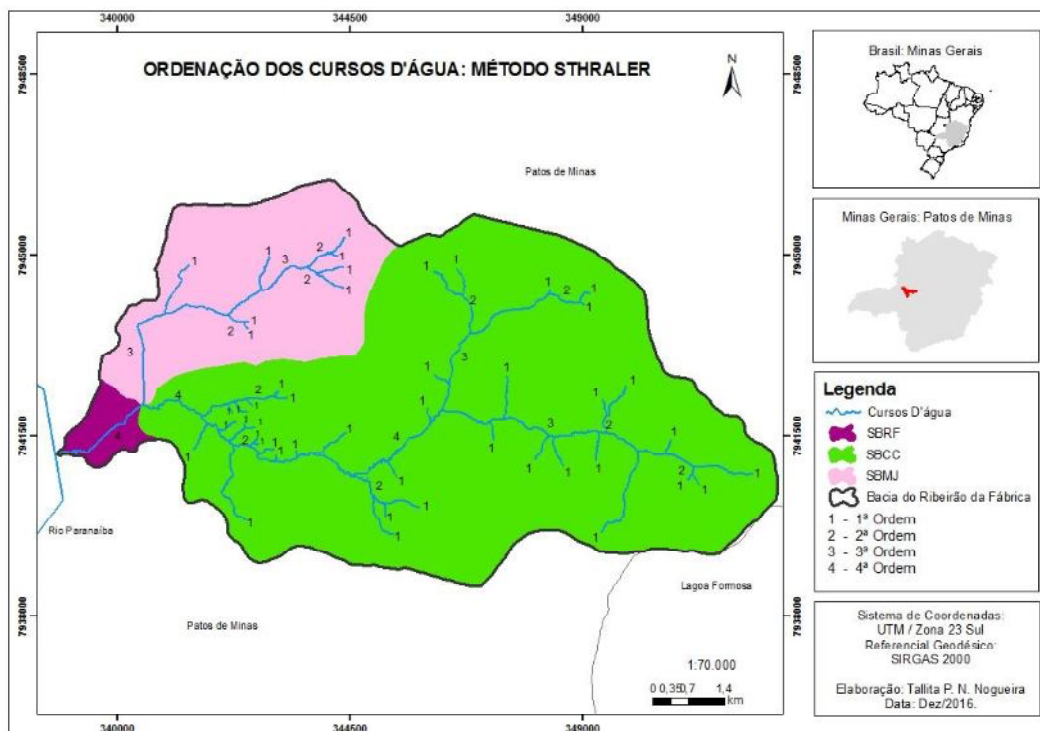
Ainda analisando os resultados contidos na TABELA 17, a densidade de drenagem obtida (0,80 km/km² para SBCC e 0,73 km/km² para SBMJ) é considerada pobre, apresentando baixa rede de drenagem. Para a SBRF o valor encontrado acima da

unidade indica que a rede de drenagem é considerada intermediária, de acordo com a área da sub-bacia.

Em relação à sinuosidade do curso d'água, observou-se que todos eles apresentam resultados próximo da unidade, o que indica que o formato se aproxima de uma reta, se tornando mais propício a ocorrência de inundações. A velocidade de escoamento está relacionada com o valor encontrado, em que sendo maior o resultado da sinuosidade, menor a tendência de escoamento e alcance do exutório (SCHUMM, 1963 apud IPT, 2014). Os cursos d'água principais da SBMJ e SBCC apresentaram declividade de 3,39% e 1,22% respectivamente, sendo esses valores maiores que a declividade do curso d'água principal da SBRF (0,43% de inclinação). Esse fator relacionado com a sinuosidade e declividade média das sub-bacias incide no aumento do escoamento superficial e contribui para a ocorrência de inundações de intensidade mediana na SBRF.

Segundo a ordenação dos cursos d'água pelo método de Strahler, a bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica foi considerada como de 4ª ordem, conforme FIGURA 47. Tonello (2006) cita que o grau de ramificação inferior ou igual a quatro é comum em pequenas bacias hidrográficas e possui influência direta com o uso da terra e cobertura vegetal.

FIGURA 47 - Ordenação dos cursos d'água pelo método de Strahler.



Fonte: Elaborado pela autora.

5.2 Hipsometria

A hipsometria identificada na área de estudo variou em 780 metros de altitude até 1.100 metros conforme apresentado na FIGURA 48. Os intervalos de classe do Mapa Hipsométrico foram baseados em uma divisão em intervalos, sendo o primeiro intervalo de 20 metros e os outros intervalos de 50 metros.

Foram computadas as áreas de cada classe de hipsometria (TABELA 18), em que foi verificada uma representativa maior de classe com intervalo de 1050 a 1100, que corresponde a 21,14% da área total da bacia do ribeirão da Fábrica. As altitudes mais altas no interior da bacia estão localizadas, nos limites topográficos, delimitadas pelas rodovias, incluídas como áreas urbanizadas. Foram identificadas nessas altitudes as classes a saber: pastagens, cultivo de lavoura permanente (café), silvicultura, e poucos fragmentos de vegetação nativa.

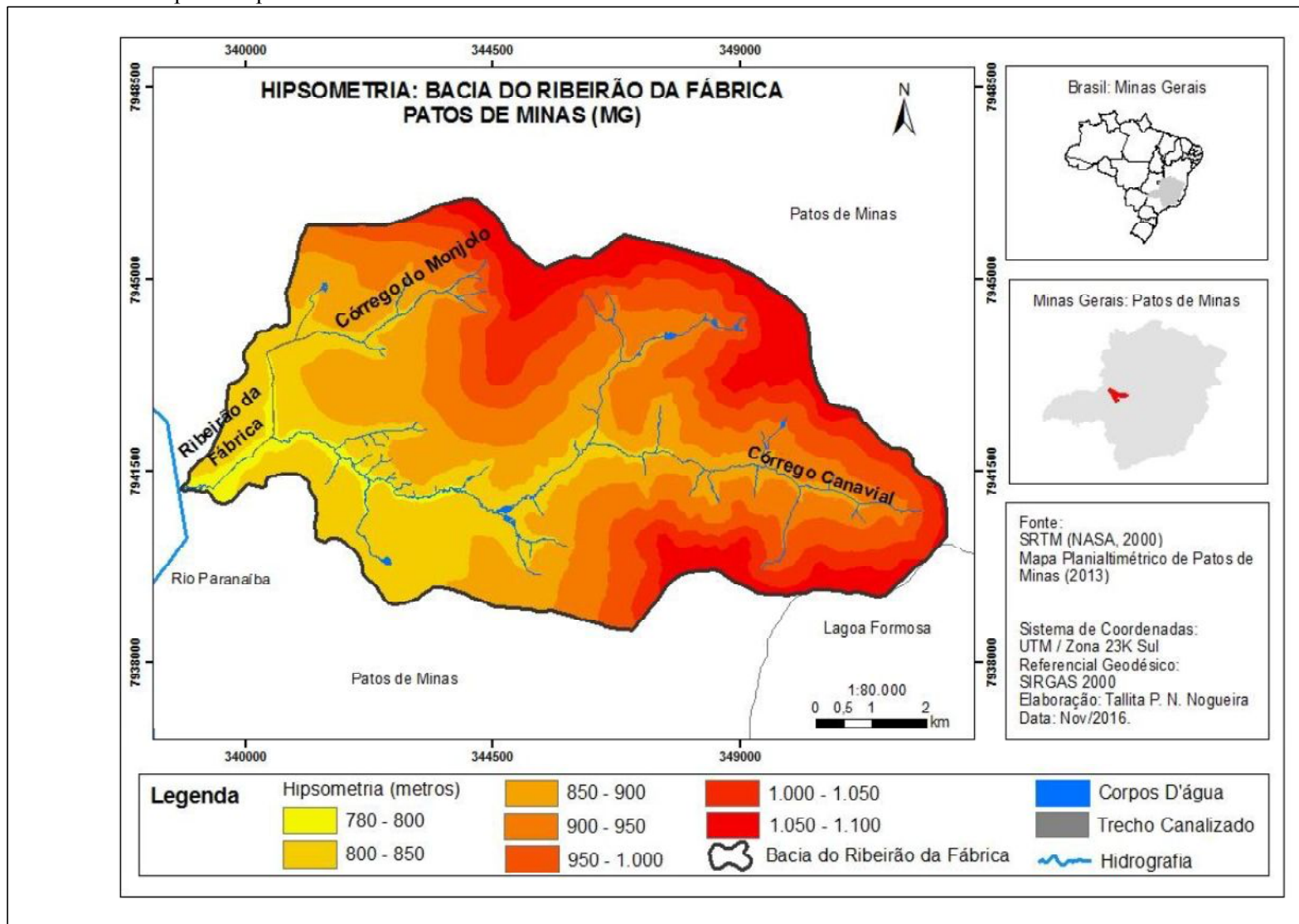
A menor área identificada foi no intervalo de classe de 780 a 800 metros (2,53%). Neste intervalo, encontra-se o ribeirão da Fábrica; parte do início da área canalizada do córrego do Monjolo, em local totalmente urbanizado. Situa-se nessa mesma região, parte do córrego Canavial, localizado no perímetro urbano, no entanto, em área composta por pastagens, vegetação nativa e estradas não pavimentadas.

TABELA 18 - Classes de hipsometria levantadas na área de estudo.

ID	HIPSOMETRIA (metros)	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
1	780 - 800	1,76	2,53
2	800 - 850	7,82	11,25
3	850 - 900	14,32	20,59
4	900 - 950	10,59	15,23
5	950 - 1000	7,17	10,31
6	1000 - 1050	13,17	18,94
7	1050 - 1100	14,70	21,14
TOTAL		69,53	100

Fonte: Elaborado pela autora.

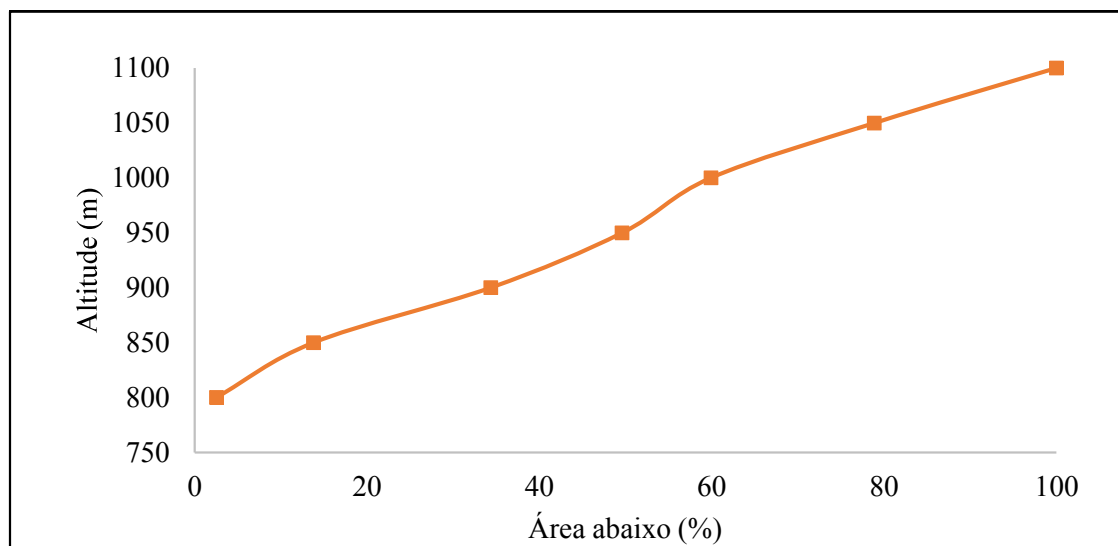
FIGURA 48 - Mapa de Hipsometria da Bacia do Ribeirão da Fábrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

Um estudo mais detalhado pode ser observado na distribuição hipsométrica (FIGURA 49), em que a bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica apresentou 50% da sua área composta por grandes altitudes, acima de 950 metros e a outra metade apresenta altitudes com variação entre 780 e 950 metros.

FIGURA 49 – Distribuição hipsométrica da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

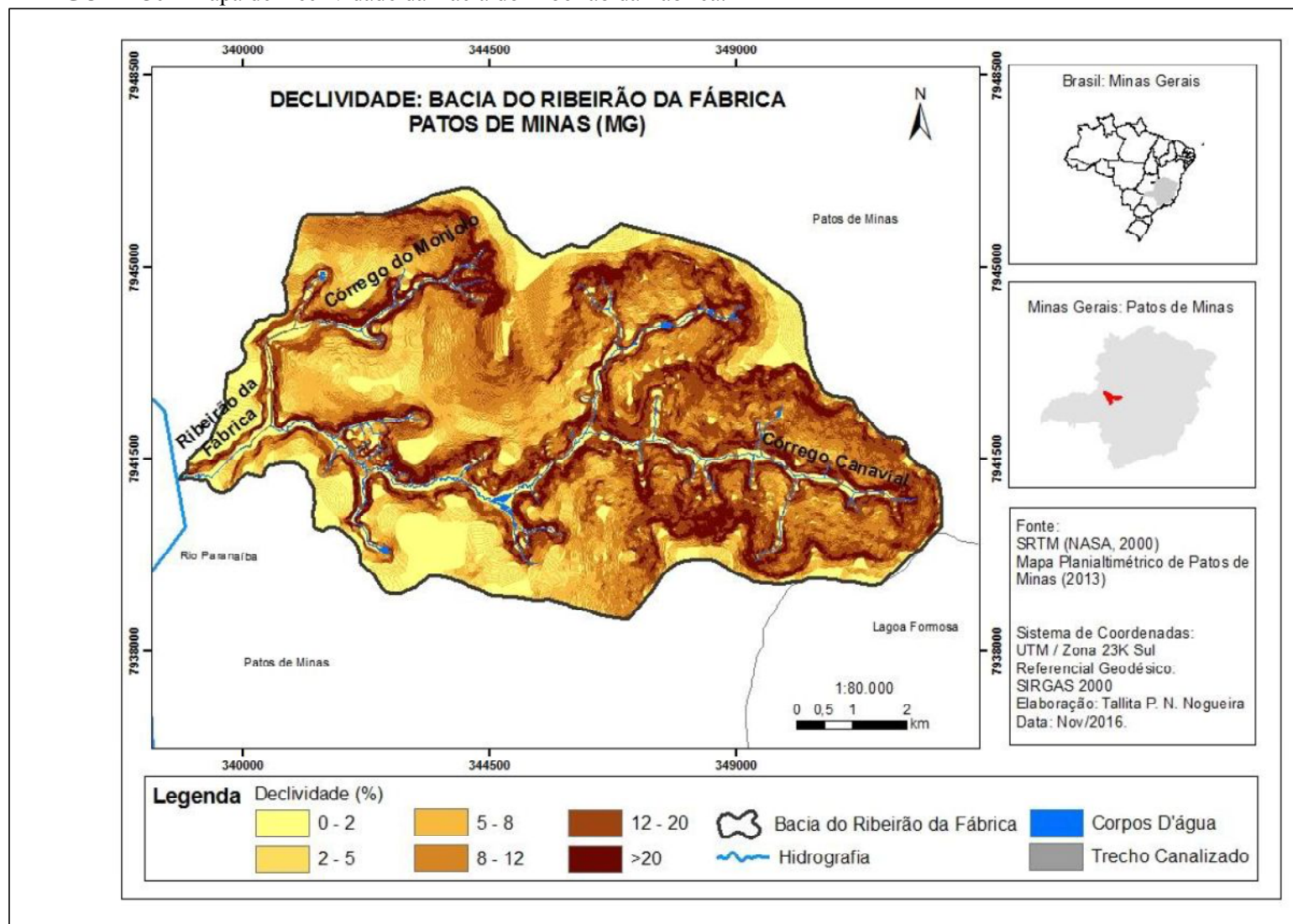
5.3 Declividade

A declividade apresentou inicialmente um problema, em que os intervalos de classe inseridos não foram aceitos no software, em que apresentava a seguinte mensagem: “*Too many unique values (>65536)*”.

Após análise do problema, foi verificado que a extensão do arquivo *raster* de declividade gerado (32 *bits*) não estava sendo aceita pelo *software*. Foi necessário realizar uma correção radiométrica na imagem para 16 *bits* pelo diretório *Data Management Tools – raster – raster dataset – copy raster*.

Ao inserir novamente os intervalos de classe, foi possível observar que a área de estudo apresentou variações de relevo plano a moderadamente ondulado, representado pelas cores mais claras, e variações de relevo ondulado a montanhoso, representado pelas cores mais escuras, conforme FIGURA 50.

FIGURA 50 - Mapa de Declividade da Bacia do Ribeirão da Fábrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com a TABELA 19, verificou-se que aproximadamente 50% da bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica possui relevo ondulado a fortemente ondulado, ocupando respectivamente 17,27 km² e 16,32 km². O relevo com menor representatividade é o plano (9,40%) e montanhoso (12,14%).

TABELA 19 – Área representativa da declividade na área de estudo.

ID	DESCRIÇÃO	DECLIVIDADE (%)	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
1	Relevo plano	0 - 2	6,53	9,40
2	Relevo suavemente ondulado	2 - 5	9,87	14,19
3	Relevo moderadamente ondulado	5 - 8	11,10	15,96
4	Relevo ondulado	8 - 12	17,27	24,84
5	Relevo fortemente ondulado	12 - 20	16,32	23,47
6	Relevo montanhoso	>20	8,44	12,14
TOTAL			69,53	100

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4 Uso da terra e cobertura vegetal nativa

De acordo com o levantamento de uso da terra e cobertura vegetal nativa da área de estudo (TABELA 20), esta apresentou em sua maior parte, áreas de pastagem (44,84%), seguido de área construída (17,60%), que corresponde à área urbanizada e malha viária. A classe que apresentou menor representatividade em relação às outras, foi solo exposto e silvicultura, totalizando aproximadamente 1%. Os corpos d'água existentes são representados pelos cursos d'água, canal e lagoas, também ocupam pequena área (0,77%).

TABELA 20 - Distribuição das classes de uso da terra e cobertura vegetal e sua representatividade na área de estudo.

ID	USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NATIVA	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
1	Vegetação nativa	7,76	11,16
2	Solo Exposto	0,29	0,42
3	Silvicultura	0,33	0,47
4	Pastagem	31,17	44,83
5	Loteamentos	3,40	4,89
6	Estradas não pavimentadas	0,31	0,44
7	Lavoura permanente	3,64	5,23
8	Lavoura temporária	7,58	10,90
9	Construções rurais	1,06	1,52
10	Áreas verdes/Lotes Vagos	1,20	1,72
11	Área construída	12,24	17,60
12	Água	0,54	0,77
TOTAL		69,53	100

Fonte: Elaborado pela autora.

A maior parte da bacia (33,59 km²) apresentou declividades entre 8 a 20% de inclinação, sendo considerado característico de áreas com relevo ondulado a fortemente ondulado. Nesse intervalo de classe, foi constatada a utilização do solo para pastagens, que ocorre em maior parte na bacia (44,84%) entre as 12 classes identificadas. A intensificação das pastagens em declividades altas possui predisposição a erosão e consequente aumento da degradação ambiental, com a compactação do solo e diminuição da infiltração da água. Em menor representatividade nesse intervalo de classe, foi identificada área construída, o que mesmo sendo inferior a de pastagem, a impermeabilização do solo pode acelerar o processo de escoamento superficial.

O registro fotográfico, a seguir, apresenta alguns dos usos da terra e cobertura vegetal nativa identificado na área de estudo e a FIGURA 51 apresenta a espacialização das classes identificadas.

FOTO 7 - Loteamentos.



FOTO 8 - Lavoura permanente (cafeicultura).



FOTO 9 - Lavouras temporárias (cultura de milho).



FOTO 10 - Solo exposto.



Fonte: A autora.

FOTO 11 - Silvicultura.



FOTO 12 - Construções rurais.



FOTO 13 - Pastagens.



FOTO 14 - Vegetação nativa.



FOTO 15 - Estradas não pavimentadas.



FOTO 16 - Áreas verdes/ lotes vagos.



Fonte: A autora.

FOTO 17 - Água (canal).

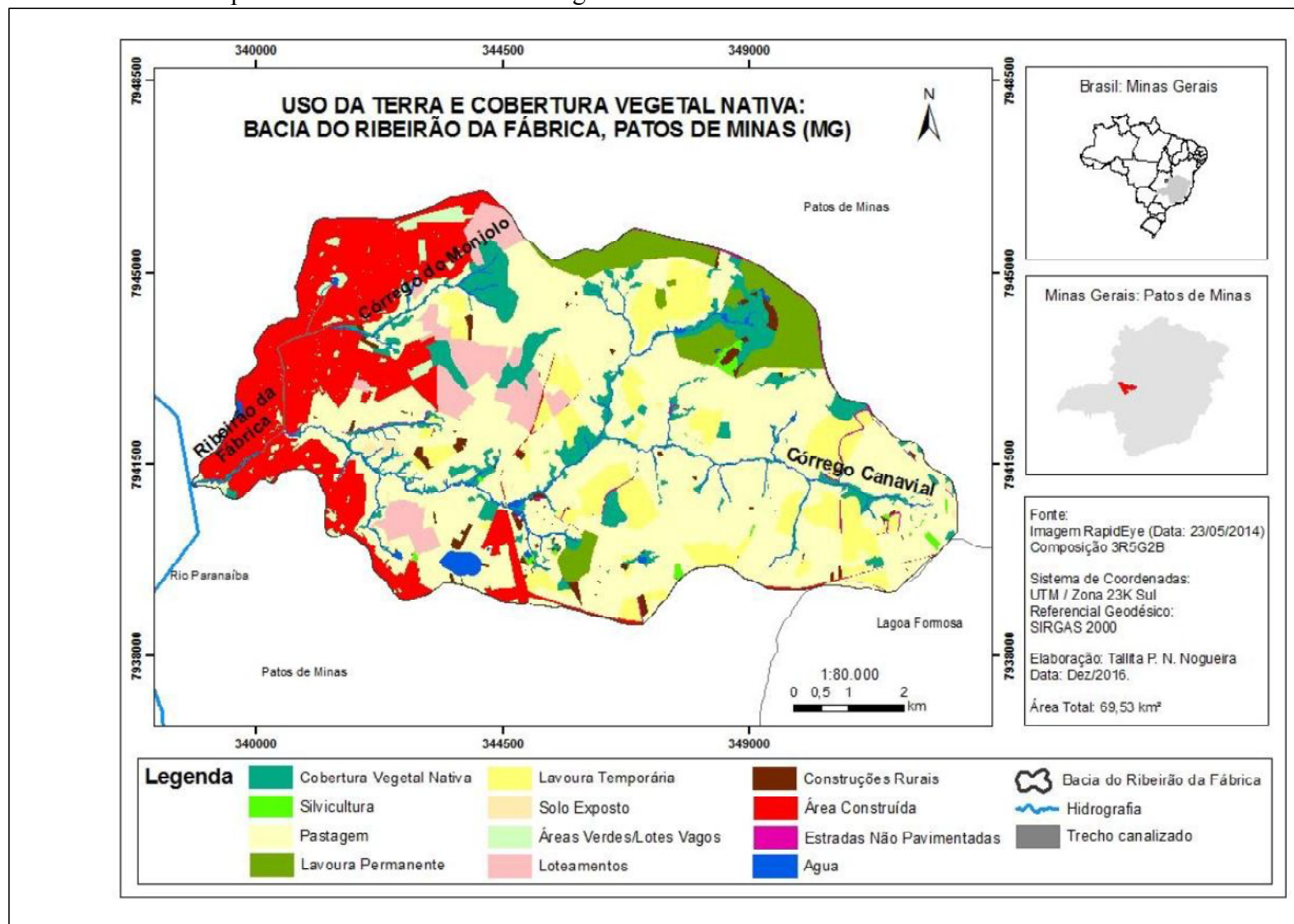


Fonte: A autora.

FOTO 18 - Área construída (com malha viária).



FIGURA 51 - Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa - bacia do ribeirão da Fábrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

5.5 Suscetibilidade a inundação

Para o mapeamento da suscetibilidade a inundação foi utilizado o método AHP proposto por Saaty (1987). Primeiramente foi realizada a organização dos elementos a serem julgados, a saber: uso da terra e cobertura vegetal nativa, declividade e hipsometria.

Após vários testes utilizando a matriz de comparação pareada e a geração dos resultados, com destaque para o cálculo da Razão de Consistência (RC) que foi satisfatório, verificou-se que duas variáveis (hipsometria e declividade) poderiam ser comparadas de forma aleatória, considerando o julgamento de que uma é fortemente mais importante que a outra, representada pelo número 5.

Dessa forma, criaram-se dois cenários com os elementos julgados, para verificação de qual deles retratará as características reais da área de estudo.

5.5.1 Cenário 1

O mapeamento da suscetibilidade à inundação para o cenário 1 correspondeu à declividade como fator mais importante dentre os outros. A TABELA 21 apresenta a área ocupada por cada intervalo de classe e sua percentagem em relação à área total da bacia hidrográfica.

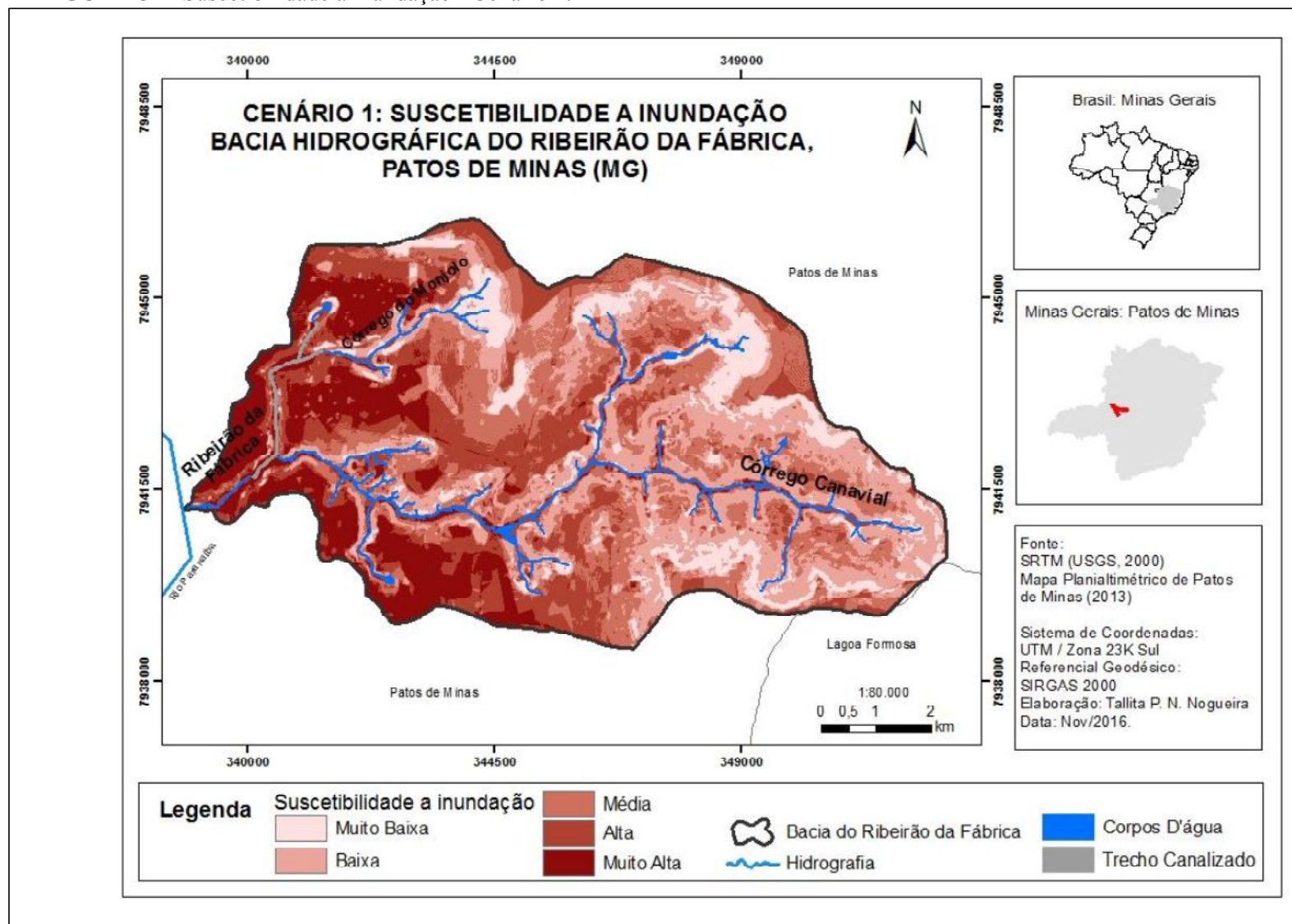
TABELA 21 - Áreas representativas das classes de suscetibilidade a inundação – Cenário 1.

ID	CLASSES SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
1	Muito Baixa	7,03	10,11
2	Baixa	18,18	26,14
3	Média	18,36	26,40
4	Alta	15,43	22,19
5	Muito Alta	10,53	15,14
	TOTAL	69,53	100

Fonte: Elaborado pela Autora.

Observou-se que a bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica possui 26,40% da área total classificada como suscetibilidade a inundação mediana, 26,14% classificada como de suscetibilidade baixa. A FIGURA 52 apresenta o mapa de suscetibilidade à inundação para o cenário 1.

FIGURA 52 - Suscetibilidade a inunda o - Cenário 1.



Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com o mapeamento da suscetibilidade a inundações do cenário 1, verifica-se as observações na TABELA 22.

TABELA 22 - Classes de suscetibilidade a inundações e as características específicas.

CLASSES	CARACTERÍSTICAS COMBINADAS
Muito Alta	<p>Áreas com altitudes que variaram entre 780 - 950 metros, com declividades de 0 - 8%.</p> <p>Na área urbana, próximo aos cursos d'água, foram identificadas áreas construídas.</p> <p>Nas áreas naturais, em declividades baixas, foram observadas às classes de lavouras temporárias, solo exposto e pastagens.</p> <p>Distante dos cursos d'água, em áreas de baixa altitude e declividade entre 0 - 5% foram verificadas áreas construídas e loteamentos.</p>
Alta	<p>Declividade de 0 – 2% próximo ao curso d'água com presença de vegetação nativa, áreas verdes/lotes vagos.</p> <p>Área distante dos cursos d'água, com declividade variando entre 8% a áreas maiores que 20% foram verificadas áreas construídas, loteamentos.</p> <p>Em declividades variando de 0 – 8% foram observadas construções rurais e pastagens.</p> <p>As altitudes variaram até 1100 metros.</p> <p>Nas altitudes maiores, com declividade variando entre 0 – 2% observou-se presença de pastagens, loteamentos, culturas permanentes.</p>
Médio	<p>Declividade de 8-20% foi verificada área construída, loteamentos, pastagens.</p> <p>As altitudes variam de 780 – 1100 metros.</p> <p>Nas altitudes maiores, verificou-se declividade de 2 – 8% com lavouras permanentes.</p> <p>Próximo aos cursos d'água, em altitudes menores, declividade 0 – 2% apresentaram classe de vegetação nativa.</p>
Baixo	<p>Declividades variaram de 12% a maiores que 20%.</p> <p>As altitudes variaram de 780 – 1100 metros.</p> <p>Predomínio de pastagens.</p>
Muito Baixo	<p>Maior representatividade em áreas com altitudes maiores que 950 metros.</p> <p>Declividades acima de 20%.</p> <p>Próximo dos cursos d'água, a declividade apresentou acima de 20%, com presença de vegetação nativa.</p> <p>Na área urbana, foi verificada a classe de área verde/lotes vago.</p>

5.5.2 Cenário 2

O mapeamento de suscetibilidade a inundação para o cenário 2 foi considerada a hipsometria como fator mais importante dentre os outros. A classificação foi obtida pelo método de classificação *Natural Breaks (jenks)*, classificado em cinco classes. A TABELA 23 apresenta a área ocupada por cada intervalo de classe e sua percentagem em relação a área total da bacia hidrográfica.

TABELA 23 - Áreas representativas das classes de suscetibilidade a inundação – Cenário 2.

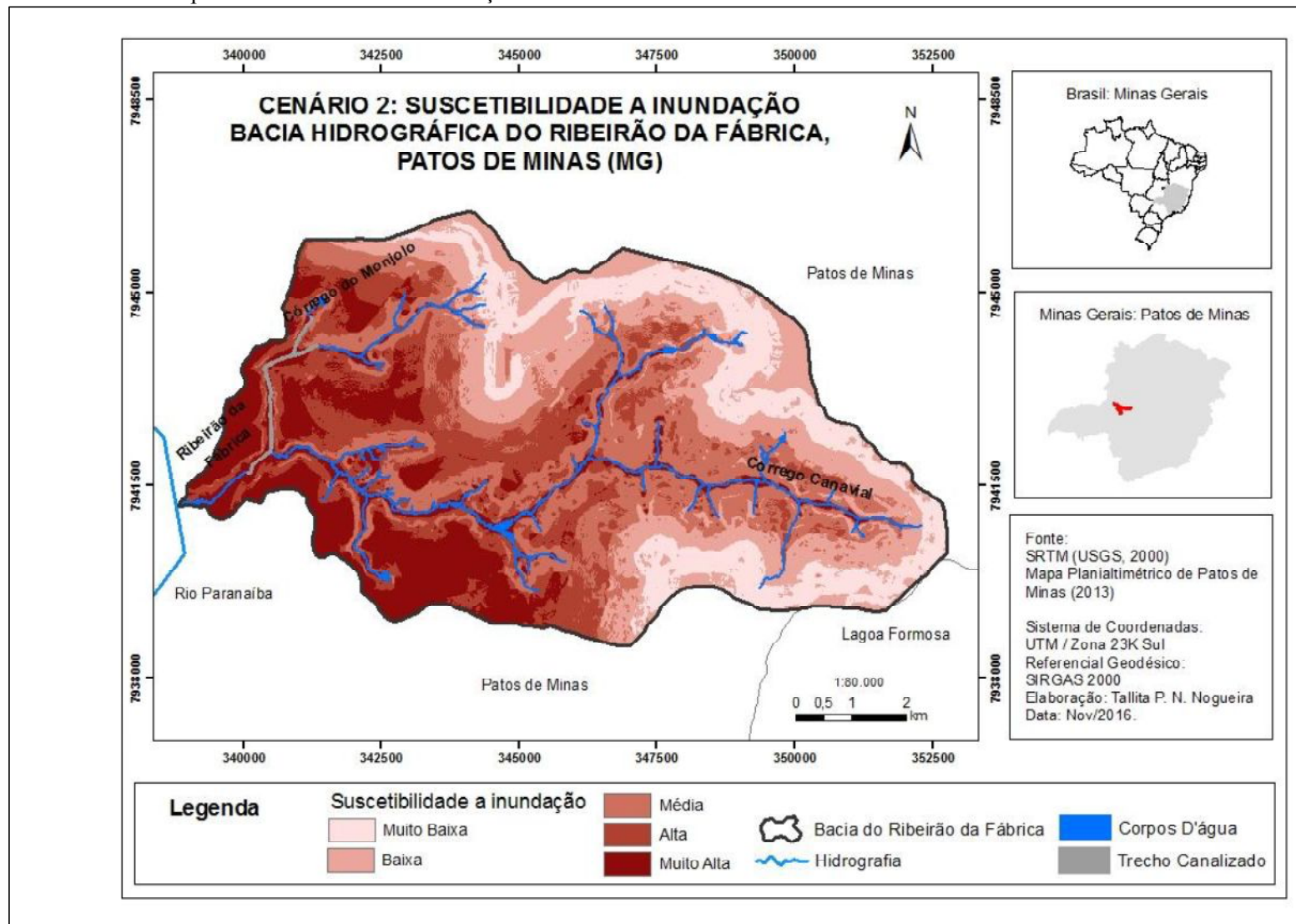
ID	CLASSES SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
1	Muito Baixa	10,07	14,48
2	Baixa	15,10	21,72
3	Média	16,81	24,18
4	Alta	14,64	21,05
5	Muito Alta	12,91	18,57
TOTAL		69,53	100

Fonte: Elaborado pela Autora.

Observou-se que a bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica possui 24,18% da área total classificada como suscetibilidade a inundação mediana, 21,05% sendo alta e 21,72% Baixa. Em menor representatividade, foram identificadas as classes Muito Baixa (14,48%) e Muito Alta (18,57%), no entanto, esta última foi considerada como mais importante na análise do fator de inundação.

A FIGURA 53 apresenta o mapa de suscetibilidade à inundação para o cenário 1.

FIGURA 53 – Mapa da suscetibilidade a inundação - Cenário 2.



Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o mapeamento da suscetibilidade a inundação do cenário 2, verifica-se as observa es na TABELA 24.

TABELA 24- Classes de suscetibilidade a inundação e as características específicas.

CLASSES	CARACTERÍSTICAS COMBINADAS
Muito Alta	<p>�reas localizadas em altitudes baixas variaram entre 780 a 900 metros e declividade entre 0 a 5%.</p> <p>Na �rea urbana, próximo aos cursos d'água, consideradas como várzeas de inundação, verificou-se áreas construídas e vegeta�o nativa, que se estenderam a altitudes baixas, com declividade entre 0 a 12%.</p> <p>Em áreas naturais, próximas aos cursos d'água, verificaram-se declividades entre 0 a 12% com predomin�o de pastagens.</p> <p>Em altitudes entre 800 – 850 metros, com declividades entre 0 – 2%, apresentaram classes de lavoura temporária e constru�es rurais.</p> <p>Nas áreas construídas longe dos cursos d'água, verificou-se declividade até 8% de inclina�o.</p>
Alta	<p>Na �rea urbana, as declividades variaram entre 5- 20%.</p> <p>As altitudes não se estenderam a 950 metros.</p> <p>Nas áreas naturais, com altitudes entre 850 – 950 metros, com varia�o da declividade de 2 – 20% observou-se as classes de pastagem e lavoura temporária.</p>
Médio	<p>Apresentou declividades com varia�es, entre 12% de inclina�o até áreas acima de 20%. As altitudes variaram até a cota 950 metros.</p> <p>Concentraram-se em áreas de pastagem, com presença de estradas e lavouras temporárias.</p> <p>Na �rea urbana se concentraram em locais como lotes vagos e áreas verdes.</p> <p>Em altitudes elevadas, entre 1000 – 1050 metros, apresentaram áreas planas, 0 – 2% de declividade.</p>
Baixo	<p>Categoria identificada entre as altitudes 950-1000 metros com declividade de 8% a acima de 20%.</p> <p>Em altitudes mais elevadas, entre 1050 – 1100 metros, em áreas planas, com declividade entre 0 – 5%, existem lavouras permanentes, loteamentos e predomin�o de pastagem.</p>
Muito Baixo	<p>Declividade variou de 5% a maiores que 20% de inclina�o.</p> <p>Altitudes entre 1000 -1100 metros.</p> <p>Lavoura temporária, pastagens.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

5.5.3 Avaliação dos cenários

As classes de suscetibilidade apresentadas nos cenários 1 e 2 foram compatíveis com as ocorrências verificadas na bacia hidrográfica do ribeirão da Fábrica, principalmente nas regiões localizadas nas áreas urbanizadas, como o córrego do Monjolo e ribeirão da Fábrica, consideradas como categoria Muito Alta.

O Cenário 2, em que foi considerada a hipsometria como fator mais importante entre os elementos, apresentou áreas de suscetibilidade a inundação mais verídica que as do Cenário 1. De acordo com as ocorrências de inundação verificadas na margem do ribeirão da Fábrica, em áreas de inundação do curso d'água com declividade entre 0 – 2% e baixa hipsometria, essa região foi categorizada como Muito Alta, independentemente do uso da terra e cobertura vegetal nativa existente. Ou seja, o fator predominantemente importante nesse local seria a hipsometria relacionada com a baixa declividade, que possibilita que os usos identificados nesse local (áreas construídas e vegetação nativa) sejam inundados durante a ocorrência de inundação.

De acordo com o cenário 2, o registro de ocorrência de inundação no ribeirão da Fábrica apresentada por Rocha (2015), localizado nas coordenadas 339.742mE e 7.941.512mN, foi classificado como Muito Alta suscetibilidade a inundação (FIGURA 54). Exemplo desse fator ocorrido no córrego do Monjolo, apresentado por Araújo (2013a) e Araújo (2013b), foi classificada também como Muito Alta suscetibilidade a inundação, localizado nas coordenadas 340.467mE e 7.942.657mN (FIGURA 55).

FIGURA 54 - Registro de inundação no ribeirão da Fábrica em 2015, no município de Patos de Minas - MG.

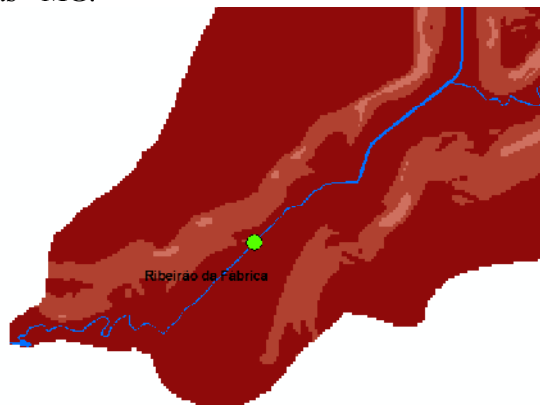


FIGURA 55 – Registro de inundação no córrego do Monjolo em 2013, no município de Patos de Minas – MG.



Fonte: A autora.

As regiões classificadas como de suscetibilidade a inundação Muito Alta que estão localizadas próximas aos cursos d'água, apresentaram áreas planas, com baixa declividade. Essas regiões, também denominadas como várzeas de inundação, atingem as áreas construídas, vegetação nativa e pastagens.

A FOTO 19, FOTO 20 e FOTO 21 apresenta local classificado como de suscetibilidade Muito Alta a inundação (FIGURA 56) em área construída, sendo próximo a margem do canal do córrego do Monjolo, nas coordenadas 340.840 mE e 7.943.869mN. Neste trecho verifica-se que a declividade apresenta variação entre 0 e 2% em altitudes baixas (800 – 850 metros). É válido ressaltar que neste canal, há o lançamento de esgotos dos bairros adjacentes, o que pode intensificar a vazão do curso d'água.

FOTO 19 – Vista à montante do Córrego do Monjolo (área canalizada).



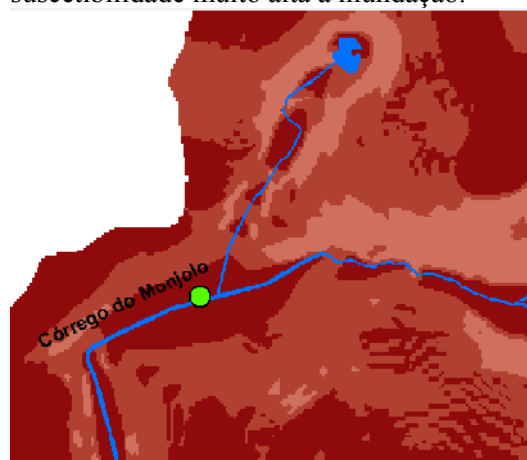
FOTO 20 – Vista à jusante do córrego do Monjolo (área canalizada).



FOTO 21 – Afluente do córrego do Monjolo.



FIGURA 56 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação.



Fonte: A autora.

O registro fotográfico a seguir (FOTO 22 e FOTO 23) apresenta um canal construído em aflente do córrego do Monjolo na área urbana, com declividade entre 0 a 2%, altitude entre 800 – 850 metros. Nas áreas adjacentes a este local, também em áreas construídas, apresentam inclinação entre 12 a maiores que 20%, sendo fator condicionante para o aumento da velocidade de escoamento da água da chuva para as áreas mais planas.

FOTO 22 – Canal existente em aflente do córrego do Monjolo, próximo ao Parque Municipal do Mocambo



FOTO 24 - Declividade acentuada próximo ao trecho.

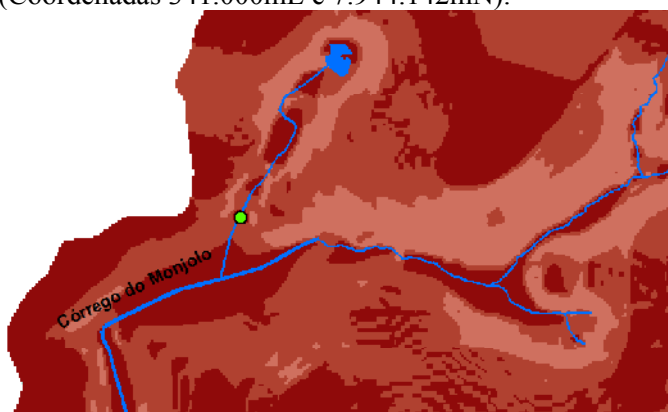


FOTO 25 - Declividade acentuada próximo ao trecho.



Fonte: A autora.

FIGURA 57- Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação. (Coordenadas 341.000mE e 7.944.142mN).



Fonte: A autora.

Em área que apresenta condições naturais, próximo ao córrego Canavial, há presença de pastagens. Este local foi considerado como de suscetibilidade muito alta a inundações. De acordo com a FOTO 26, observa-se que a declividade que está no em torno dessa área varia entre 8 a maiores que 20% de inclinação. Dessa forma, a alta inclinação e a existência de pastagens dificultam a infiltração da água da chuva no solo, o que contribui para a inundação nas regiões mais planas.

FOTO 26 - Córrego Canavial ao fundo (indicado pela seta vermelha) e área de pastagem no em torno.



Fonte: A autora.

FIGURA 58 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação. (Coordenadas 342.193mE e 7.941.031mN).



Em declividades entre 2 a 8%, com altitude variando de 780 a 800 metros, em áreas que possuem construções e pastagens apresentaram como muito alta suscetibilidade a inundação, nos bairros Vila Rosa e Jardim Paulistano. De acordo com as ocorrências de inundação nesta região, que se encontra na margem direita do rio Paranaíba, verifica-se

que o ribeirão da Fábrica também pode ser influenciado pelas condições do rio principal ou do canal à montante, localizado no córrego do Monjolo.

Nas áreas planas (declividade 0 – 5%) localizadas na área urbana e distantes dos cursos d'água foram identificadas as áreas construídas (FOTO 27 e FOTO 28) e loteamentos (FOTO 29).

FOTO 27 – Avenida Marabá, próximo ao início do canal do córrego do Monjolo



Fonte: A autora.

FIGURA 59 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação. (Coordenadas 340.041mE e 7.941.820mN)



FOTO 28 - Bairro totalmente urbanizado.



Fonte: A autora.

FIGURA 60 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação. (Coordenadas 341.281 mE e 7.941.198mN)

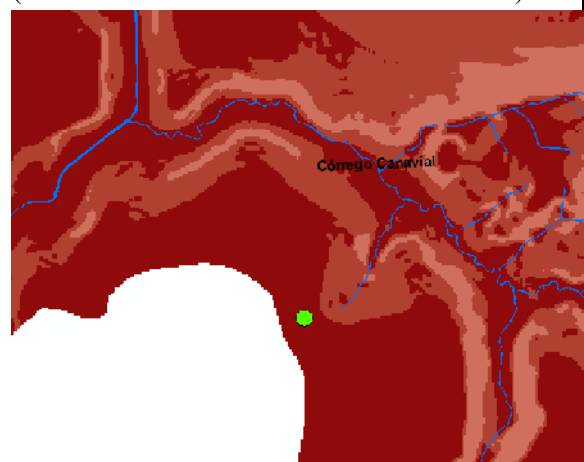
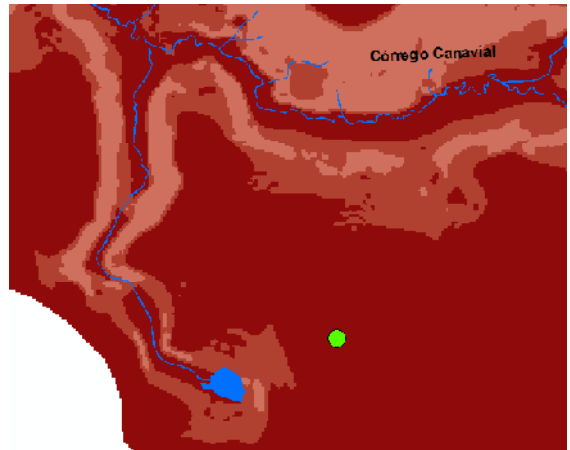


FOTO 29 – Loteamento novo.



Fonte: A autora.

FIGURA 61 - Área identificada como suscetibilidade muito alta a inundação. (Coordenadas 343.062mE e 7.940.047mN)



Os locais identificados na área urbana, distantes da margem dos cursos d'água, apresentaram declividade entre 0 e 8% de inclinação, em altitudes entre 780 a 850 metros. Em todos os pontos observados possuem áreas impermeabilizadas ou em fase de ocupação por residências. Naquelas áreas impermeabilizadas a intensidade de ocorrência de inundações poderá ser maior que nos loteamentos, pois as áreas não ocupadas pelas residências possuem capacidade de infiltração.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise morfométrica da sub-bacia do ribeirão da Fábrica apresentou resultados que evidenciam uma área sem propensão a inundações, bem como para seus tributários, sub-bacia do córrego do Canavial e sub-bacia do córrego do Monjolo. No entanto, em análise aos resultados de declividade média e sinuosidade dos cursos d'água, o ribeirão da Fábrica apresentou formato retilíneo, localizado em área plana, diferentemente de seus tributários, que possuem declividades maiores. Este fator aliado à urbanização e consequente impermeabilização da área favorece o aumento do escoamento superficial e ocorrência de inundações de intensidade mediana neste local.

Os mapas temáticos apresentaram que a bacia do ribeirão da Fábrica possui área com baixas altitudes, geralmente aplainadas, próximas a sua foz, e áreas com altitudes muito altas, constituindo os divisores topográficos. Em análise ao cenário 2, isso indica que nas partes altas a suscetibilidade a inundação é considerada como Baixa ou Muito Baixa. Nas áreas planas, em altitudes baixas foram consideradas como de suscetibilidade Muito Alta.

No mapeamento da suscetibilidade a inundação, foi especificada notas para cada variável (hipsometria, declividade, uso da terra e cobertura vegetal nativa). A adaptação do Método do Número da Curva de Escoamento para a determinação das notas em relação à suscetibilidade a inundação apresentou resultado positivo, uma vez que possibilitou também a análise da classe pedológica da área de estudo.

A aplicação do método AHP foi essencial e indispensável para a elaboração do modelo matemático e geração dos pesos estatísticos utilizado no cruzamento dos mapas temáticos, que resultou no mapeamento das áreas suscetíveis a inundação. A avaliação do cenário 2 permitiu inferir que a bacia possui média suscetibilidade a inundação (24,18%), sendo a classe Muito Alta (18,57%) considerada como mais importante nessa análise.

A análise morfométrica e o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação se complementaram, apresentando correlação direta com algumas áreas onde já haviam ocorrido inundações, principalmente nas regiões urbanizadas e planas. Verificou-se que as ocorrências de inundações no município são esporádicas, e que a bacia possui disposição a concentrar maior volume de água nos fundos de vale, devido à baixa declividade e altitude. Portanto, torna-se necessário uma pesquisa mais aprofundada sobre o fator de inundação na área de estudo, através de monitoramento ambiental, por

meio de instalação de estações fluviométricas para medição da vazão máxima e estimação das cotas de inundações. Este trabalho contribuiu de forma satisfatória com a identificação das áreas com maior suscetibilidade a inundações, que podem ser inicialmente monitoradas.

Considerando as regiões classificadas como de suscetibilidade muito alta, nas áreas que se encontram em fase de desenvolvimento urbano, deve ser analisado os pontos identificados nesse estudo para um melhor planejamento e zoneamento do município. Nas áreas urbanizadas, a administração pública deve investir em projetos de adequação da rede de drenagem e deslocamento da população atingida pelas inundações. Nas áreas à montante dos cursos d'água, com condições ainda naturais, devem ser preservadas, e consideradas posteriormente como áreas de amortecimento, que permite uma maior infiltração de água da chuva e conseqüentemente diminuição do escoamento superficial. Nas áreas de pastagens, classe identificada como de maior representatividade na bacia, devem ser aplicadas medidas ambientais como o manejo e conservação do solo, com a implantação de curvas de nível nas áreas com maior declividade.

REFERÊNCIAS

- AB'SATER, A. N. **Contribuição à geomorfologia da área dos cerrados**. São Paulo: EDUSP, 1972. p. 97-105.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. Enchentes e Inundações. In: TOMINAGA, L.K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs.), **Desastres naturais, conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, p. 40-53, 2009.
- ANDRADE, S. L. de; et al. Elaboração de um mapa de risco de inundação da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia – MG. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 41, 2014.
- ANDREOLI, C. V.(editor). **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão – estudo de caso do altíssimo Iguacu**. Curitiba: Sanepar Finep, 2003.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Rev. Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.21, p 46-58, jun. 2007.
- ARAÚJO, J. **Temporal em Patos de Minas deixa avenida Fátima Porto debaixo d'água e assusta motoristas**. 2013a. Fotografia 42. Disponível em: <<http://www.patos1.com.br/noticias/?n=NbIGp0z1eT>>. Acesso em 30 nov. 2015.
- ARAÚJO, J. **Temporal em Patos de Minas deixa avenida Fátima Porto debaixo d'água e assusta motoristas**. 2013b. Fotografia 37. Disponível em: <<http://www.patos1.com.br/noticias/?n=NbIGp0z1eT>>. Acesso em 30 nov. 2015.
- BERNADI, E. C. S.; et al. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2013.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: M., Tucci C. E. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. Cap. 5. p. 177-241.
- BORGES, M. P; et al. Utilização de técnicas de geoprocessamento para a elaboração de cotas de inundações: estudo de caso do parque ecológico do rio Paranaíba. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...** João Pessoa, INPE, 2015. p. 5897-5903.
- BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.
- BRUBACHER, J.P.; OLIVEIRA, G.G.; GUASSELLI, L.A. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...** Curitiba, INPE, 2011. p. 1279-1286.

CAIXETA, A. C. M. **Simulações Computacionais para Estimativa da Influência do Crescimento Urbano na Formação de Zonas Inundáveis Adjacentes ao Córrego do Monjolo, em Patos de Minas, MG.** 2013. 227f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Engenharia Urbana. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

CAJAZEIRO, J. M. D. **Análise da Susceptibilidade à Formação de Inundações nas Bacias e Áreas de Contribuição do Ribeirão Arrudas e Córrego da Onça em Termos de Índices Morfométricos e Impermeabilização.** 2012. 104f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

CALZAVARA, S. F.; FERNANDEZ, O. V. Q. Uso e ocupação do solo e número de curva (CN) na bacia hidrográfica do córrego Matilde Cruê, Marechal Cândido Rondon (PR). **Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia.** Maringá, v. 7, n. 1, p. 185-209, 2015.

CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: M., Tucci C. E. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. Cap. 13. p. 485-525.

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão.** Niterói: H.G.C., 2002.

COSTA, H. G.; MOLL, R. N. Emprego do Método de Análise Hierárquica (AHP) a seleção de variedades para o plantio de cana-de-açúcar. **Gestão e Produção**, v. 6, n. 3; p. 243-256, dez. 1999.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/pa/Determinacao%20do%20CN%20>>. Acesso em: 16 mar. 2016.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE - EMBRAPA. **Satélites de monitoramento.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 16 mai. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª Ed. Brasília, 2006.

ENGESAT. **RapidEye**, 2016. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/rapideye/>>. Acesso em: 16 mai. 2016.

EUCLYDES, H. P; et al. **Resumo expandido:** Atualização dos estudos hidrológicos na bacia do rio Paranaíba em Minas Gerais, 2010. Disponível em: <http://www.atlasdasaguas.ufv.br/paranaiba/resumo_paranaiba.html>. Acesso em: 11 ago. 2016.

FARIA, D. G. M.; FILHO, O. A. Aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas. **Revista do Instituto Geológico**, v. 34, n. 1, São Paulo, 2013.

FELGUEIRAS, C. A. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 38.

FERNANDES, N. da S.; MIOLA, A. C. Geoprocessamento aplicado no mapeamento de áreas com risco de inundação em Santa Maria – RS. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 4920-4927.

FERRAZ, F. F.; FERRAZ, E.S.; BALLESTER, M; V;R.; MORAES, J. V.; MARTINELLI, L.A. Previsão de áreas inundadas na cidade de Piracicaba (SP) através de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 3, n. 3, 1998, p. 17-27.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo: Blucher, 2. ed. 1988.

GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005.

GOMEDE, E.; BARROS, R. M. de. Utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP) para priorização de serviços de TI: um estudo de caso. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO (SBSI), 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBSI, 2012. p. 408-419. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2012/0041.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2016.

GONÇALVES, M. L. A. M.; CARVALHO, C. A. P. Geração de modelo digital de terreno a partir de mapas digitais 3D: Estudo de caso visando garantir o contexto geomorfológico com redução dos dados amostrais, **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.9, p.105-119, 2003.

GONTIJO, V. **Temporal em Patos de Minas deixa avenida Fátima Porto debaixo d'água e assusta motoristas**. 26/03/2013. Disponível em: <<http://www.patos1.com.br/noticias/?n=NbIGp0z1eT>>. Acesso em 30 nov. 2015.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652p.

HENGL, T.; et al. Geostatistical modeling of topography using auxiliary maps. **Computers & Geosciences**, v.34, p.1886-1899, 2008.

HIDROTEC. **Uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos**, 2009. Disponível em: <<http://www.hidrotec.ufv.br>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56 n 3, p. 275-370, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Minas Gerais:** Patos de Minas. [201-]. Disponível em: <[http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=314800&search= minas-gerais|patos-de-minas](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=314800&search=minas-gerais|patos-de-minas)> Acesso em: nov. 2016.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 3ª ed. Manuais Técnicos em Geociências número 7. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Minas Gerais:** Patos de Minas. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=314800&search=minas-gerais|patos-de-minas>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações 1:25.000 (livro eletrônico):** nota técnica explicativa / coordenação Omar Yazbek Bitar. -- São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Comitês e unidades de planejamento.** [201-]. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/83?task=view>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

JABUR, A. S. **Alterações hidrológicas decorrentes de mudança do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto ligeiro, Patos Branco – PR.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). 2010. 176f. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

JANES STUDIO. **Enchente.** 1983a. 1 fotografia, 18 cm x 24 cm.

JANES STUDIO. **Enchente.** 1983b. 1 fotografia, 18 cm x 24 cm.

KAYASTHA, P. et al. Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: A case study from de Tinau watershed, west Nepal. **Computers & Geosciences.** n. 52 2013 , p. 398-408.

KOTTEK, M.; et al. World map of the Koppen-Geiger climate classification update. **Meteorologische Zeitschrift,** Stuttgart, vol. 15, n. 3, p. 259-263. 2006.

LIMA, L. M. M. de. **Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre – RS.** 2010. 175f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, 1996. 318p.

LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2008. 253p.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

LINDNER, E. A.; GOMIG, K.; KOBIYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe/SC. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 3405-3412.

LONDE, P.R. **Sistemas de espaços livres: uma avaliação da qualidade ambiental das áreas verdes de Patos de Minas/MG**. 2015. 186f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

MAGALHÃES, I. A. L.; et al. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: Uma Análise Comparativa entre Dois Métodos. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, nov. 2011.

MAGRINI, A. V. **Análise sobre a dinâmica das cidades médias: Patos de Minas (MG), um olhar**. 2008. 60f. Monografia (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. **O uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso**. In: XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO, p. 1778 – 1788, 2009.

MELLO, A. de O. **Patos de Minas, meu bem querer**. 3 ed. Patos de Minas: Edição da Prefeitura Municipal de Patos de Minas – Semed, 2008. 416 p.

MELO, M. M. Perfil: Antônio Secundino levou o Brasil a ser maior plantador de milho do mundo. **Jornal da Ciência**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2011/01/10/interna_ciencia_saude,231596/antonio-secundino-levou-o-brasil-a-ser-maior-plantador-de-milho-do-mundo.shtml>. Acesso em: 11 abr. 2016.

MILOGRANA, J. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. TD – 05/09, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 316 p, 2009.

MINAS GERAIS. **Atlas de vulnerabilidade às inundações Minas Gerais 2015**/ Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte: SEMAD, 2015. 40p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Imagem RapidEye**. 2014. Disponível:< <http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 11 abr.2016.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. Secretaria Especial de Políticas Regionais. **Portaria nº 1, de 20 de janeiro de 1997**. Disponível em: < <ftp://s2id-arquivos.labtrans.ufsc.br/MG-P-3148004-12200-19970107.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2016.

MORAES, I. C.; et al. Comparação de metodologias na definição de fluxos acumulados a partir de Modelos Digitais de Elevação do Terreno aplicado a suscetibilidade de inundações. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, vol. 19, n.2, abr/jun. 2014, p. 223-235.

MOURA, C. A. Avaliação de tendência a enchentes das bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba (SP). **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 30, nº 2, 2013.

MOURA, R. S. et al. Caracterização fisiográfica da microbacia do córrego Água da Bomba no município de Regente Feijó-SP. In: XVI CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM - CONIRD, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2006. p. 1-7.

MUNICÍPIO DE PATOS DE MINAS. Prefeitura de Patos de Minas. **A cidade**. [201-]. Disponível em:<<http://www.patosdeminas.mg.gov.br/acidade/historia.php>> Acesso em: dez. 2016.

MUNICÍPIO DE PATOS DE MINAS. Prefeitura Municipal de Patos de Minas. **Realocação de famílias dos bairros Vila Rosa e Jardim Paulistano**. 25/11/2013. Disponível em:<<http://patosdeminas.mg.gov.br/noticias/read.php?id=432>> Acesso em: 11 nov. 2015.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE - NRCS. Urban hydrology for small watersheds. **United States Department of Agriculture – USDA**.1986.

OLIVEIRA, G. G. de; et al. Mapeamento e análise da distribuição das áreas inundáveis na bacia do rio dos Sinos/RS. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, 2009. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 4173-4180.

PANIZZA, A. de C.; FONSECA, F. P. Técnicas de interpretação visual de imagens. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, nº 30, p. 30-43, 2011.

PATOS DE MINAS (MG). Prefeitura. **Evolução da ocupação**. [2006]. Disponível em: <http://www.patosdeminas.mg.gov.br/planodiretor/img/evolucao_ocupacao.jpg>. Acesso em: 20 dez. 2013.

PÉRICO, E. et al. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Curitiba, 2011. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 1200 – 1207.

PICKBRENNER, K; PEDROLLO, M. C.; RISSO, A. **Determinação do CN utilizando geoprocessamento: simulação hidrológica na bacia do rio Criciúma**. 2005. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/Comite%20Rio%20Ararangua/Geoprocessamento/Determinacao-do-CN-utilizando-geoprocessamento-simulacao-hidrologica-na-Bacia-do-rio-Criciuma.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2016.

PISSARA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfológicas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Viçosa, n.28, p.297-305, 2004.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, vol. 22, nº 63, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a04.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS DE MINAS. Secretaria Municipal de Planejamento e urbanismo. **Termo de referência para elaboração de estudo de concepção para gestão de águas pluviais: manejo de águas pluviais de drenagem urbana**, 2011. 60 p.

REIS, P. A. dos. Análise da expansão urbana e delimitação de áreas de inundação na cidade de Patrocínio, MG. In: XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia e Ambiental - SIBESA, Natal, 2014. **Anais...** Natal: ABES, 2014. p. 1 – 7.

ROCHA, F. **Temporal de granizo arranca árvores, alaga ruas e assusta moradores em Patos de Minas**. 23/11/2015. Disponível em: <<https://www.patoshoje.com.br/noticia/temporal-de-granizo-arranca-arvores-alaga-ruas-e-assusta-moradores-em-patos-de-minas-27094.html>>

ROSA, R. **O uso de SIGs para o zoneamento: uma abordagem metodológica**. São Paulo: USP/FFLCH, 1995. 225 p. (Tese, Doutorado em Geografia Física).

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. B. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Uberlândia, 1996.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, p.81-90, 2005.

SAATY, R. W. The Analytic Hierarchy Process – what it is and how it is used. **Mathl Modeling**. Vol. 9, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L., A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, pp. 234-281, 1977.

SARTORI, A. **Desenvolvimento de critérios para classificação hidrológica de solos e determinação de valores de referência para o parâmetro CN**. Campinas, São Paulo. 2010.

SARTORI, A.; et al. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos estados unidos parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**, v.10, p.5-18, n.4, out/dez, 2005a.

SARTORI, A.; et al. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos estados unidos parte 2: Aplicação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**, v.10, n.4, p.19-29, out/dez, 2005b.

SCUDELLER, A. A.; et al. **Mapa de solos do estado de Minas Gerais: Legenda Expandida**. Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49 p.

SEÇÃO DE DESENHO DA PREFEITURA MUNICIPAL. **Mapa das sub-bacias: cidade Patos de Minas – MG**. Patos de Minas, 2009. Escala 1:100.000. Adaptação de: Tallita Pereira Nakanami Nogueira.

SILVA, L. P.; SANTOS, C. A. G. Análise espacial dos riscos de erosão e inundação na bacia do rio Cuiá. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 3, jul/set 2010, p. 21 – 32.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e bacia hidrográfica. In: M., Tucci C. E. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. Cap.2. p. 35-52.

SILVEIRA, R. da; et al. Mapeamento de áreas de inundação na sub-bacia do córrego Horizonte, Município de Alegre, ES. **Rev. Inst. Flor.** v. 25, n. 2, p. 179-191, dez. 2013.

SINDICATO DOS PRODUTORES RURAIS DE PATOS DE MINAS. **Memorial do Milho**. 1 fotografia, color., 10 cm x 15 cm. [2003].

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC (Brasília). Secretaria de Defesa Civil - SEDEC. **Avaliação de Danos (AVADAN)**. 2007. Disponível em: <ftp://s2id-arquivos.labtrans.ufsc.br/MG-A-3148004-12100-20070117.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2016.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC (Brasília). Secretaria de Defesa Civil - SEDEC. **Avaliação de Danos (AVADAN)**. 2008. Disponível em: <ftp://s2id-arquivos.labtrans.ufsc.br/MG-N-3148004-12200-20080108.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2016.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC (Brasília). Secretaria de Defesa Civil - SEDEC. **Avaliação de Danos (AVADAN)**. 2009. Disponível em: <ftp://s2id-arquivos.labtrans.ufsc.br/MG-A-3148004-12200-20091111.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2016.

TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; MELLER, A.; MIRANDA, T. C.; HOLZ, J.; SILVEIRA, A. L. L.. **Determinação do parâmetro CN para sub-bacias urbanas do Arroio Dilúvio**. Porto Alegre, 2006.

TECSAN. **Manejo de águas pluviais de drenagem urbana do município de Patos de Minas – MG: estudo de concepção de gestão das águas pluviais**. (4ª Medição), março, 2013.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TONELLO, K. C.; et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhanes – MG. **Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa – MG, v. 30, n.5, p. 849-857, 2006.

TREVIZANO, W. A.; FREITAS, A. L. P. Emprego do Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de Processadores. In: XXV Encontro Nac. de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2005. **Anais...** Porto Alegre: ENEGEP, 2005. p. 2972-2979.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 2, n.1, jan/jun 1997, p. 135-152.

TUCCI, C. E. M. Parâmetros do hidrograma unitário para bacias urbanas brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 8, n.2, abr/jun 2003, p. 195-199.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M; BERTONI, J. C. (Orgs). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. ANDRÉ. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente / SQA. Brasília: MMA, 2006. 302 p. ISBN 85-7738-047-5.

TUCCI, C.E.M. Controle de Enchentes. In: M., Tucci C. E. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. Cap. 16. p. 621-658.

TUCCI, C.E.M., BERTONI, J.C. (Orgs.). **Apostila de inundações urbanas da américa latina**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 129 p., 2003.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY-USGS. Imagem S19W047.SRTMGL1.hgt. 2000. Disponível em:<[ftp://https://earthexplorer.usgs.gov/](https://earthexplorer.usgs.gov/)>. Acesso em: 11 abr. 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1997 a 2010**: Volume Minas Gerais. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011. utilizando%20geoprocessamento.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2016.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. In: **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill, 1975.

ANEXO A

TABELA 1A - Número CN para áreas urbanas¹.

Descrição da Cobertura	Número da curva por grupo hidrológico de solo			
Tipo de cobertura do solo e condição hidrológica	A	B	C	D
Áreas urbanas totalmente desenvolvidas (vegetação estabelecida)				
Espaço aberto (gramados , parques, campos de golfe , cemitérios, etc.) ³				
Más condições (cobertura de grama 50%)	68	79	86	89
Condições razoáveis (cobertura de grama entre 50 e 75%)	49	69	79	84
Boas condições (cobertura de grama superior a 75%)	39	61	74	80
Áreas Impermeáveis				
Lotes pavimentadas de estacionamento, telhados , calçadas , etc.	98	98	98	98
Ruas e estradas				
Pavimentadas; calçadas e galerias pluviais	98	98	98	98
Pavimentadas, com valas abertas	83	89	92	93
Cascalho	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89
Áreas Urbanas do deserto ocidental				
Áreas paisagísticas naturais desértico (áreas permeáveis)	63	77	85	88
Áreas paisagísticas artificiais do deserto (barreira de plantas daninhas impermeável, arbusto do deserto com areia de 1 a 2 polegadas ou cascalho e as fronteiras da bacia)	96	96	96	96
Distritos Urbanos				
Área comercial	89	92	94	95
Área Industrial	81	88	91	93
Área residencial por tamanho do lote				
Áreas médias dos lotes < 500 m ²	77	85	90	92
Áreas médias dos lotes até 1000 m ²	61	75	83	87
Áreas médias dos lotes até 1300 m ²	57	72	81	86
Áreas médias dos lotes até 2000 m ²	54	70	80	85
Áreas médias dos lotes até 4000 m ²	51	68	79	84
Áreas urbanas em desenvolvimento				
Áreas recentemente gradeadas ⁵	77	86	91	94

¹ Condições médias de escoamento, e Ia = 0,2S.

² O percentual médio de área impermeável mostrada foi usado para desenvolver as CNs compósitas. Outros pressupostos são os seguintes: áreas impermeáveis são

Diretamente conectados ao sistema de drenagem, as áreas impermeáveis têm uma CN de 98, e as áreas permeáveis são consideradas equivalentes ao

Boa condição hidrológica. As CN para outras combinações de condições podem ser calculadas usando a figura 2-3 ou 2-4.

³ As CN's mostradas são equivalentes às da pastagem. Composto CN pode ser calculado para outras combinações de espaço aberto Tipo de cobertura.

⁴ Composto CN para o deserto natural paisagismo deve ser calculado usando as figuras 2-3 ou 2-4 com base no percentual de área impermeável (CN = 98) e a área permeável CN. A área permeável CN é considerada equivalente a arbusto do deserto em condição hidrológica pobre

⁵ Os CNs compostos a utilizar para a concepção de medidas temporárias durante a classificação e construção devem ser calculados utilizando a figura 2-3 ou 2-4 com base no grau de desenvolvimento (porcentagem de área impermeável) e nas CN para as áreas de novo grau de permeabilidade.

Fonte: NRSC (1986) (tradução nossa).

TABELA 2A - Número CN áreas agrícolas¹.

Descrição da cobertura		Condição Hidrológica	Número da curva por grupo hidrológico de solo			
			A	B	C	D
Cobertura	Tratamento ²	³				
Alqueive	Solo descoberto	-	77	86	91	94
	Cobertura Vegetal	Pobre	76	85	90	93
Boa		74	83	88	90	
Culturas em fileiras	Linha reta	Pobre	72	81	91	98
		Boa	67	78	85	89
	Linha reta e cobertura vegetal	Pobre	71	80	87	90
		Boa	64	75	82	85
	Com curvas de nível	Pobre	70	79	84	88
		Boa	65	75	82	86
	Curvas de nível e cobertura vegetal	Pobre	69	78	83	87
		Boa	64	74	81	85
	Curvas de nível e terraços	Pobre	66	74	80	82
		Boa	62	71	78	81
Curvas de nível, terraço e cobertura vegetal	Pobre	65	73	79	81	
	Boa	61	70	77	80	
Pequenos grãos	Linha reta	Pobre	65	76	84	88
		Boa	63	75	83	87
	Linha reta e cobertura vegetal	Pobre	64	75	83	86
		Boa	60	72	80	84
	Com curvas de nível	Pobre	63	74	82	85
		Boa	61	73	81	84
	Curvas de nível e cobertura vegetal	Pobre	62	73	81	84
		Boa	60	72	80	83
	Curvas de nível e terraços	Pobre	61	72	79	82
		Boa	59	70	78	81
Curvas de nível, terraço e cobertura vegetal	Pobre	60	71	78	81	
	Boa	58	69	77	80	
Rotação, legumes ou recém-semeados	Linha reta	Pobre	66	77	85	89
		Boa	58	72	81	85
	Curvas de nível	Pobre	64	75	83	85
		Boa	55	69	78	83
	Curvas de nível e terraços	Pobre	63	73	80	83
		Boa	51	67	76	80

¹ Condições médias de escoamento, e $I_a = 0,2S / ^2$ A cobertura de resíduos de culturas aplica-se apenas se os resíduos estiverem em pelo menos 5% da superfície ao longo do ano. / ³ A condição hidráulica é baseada em fatores de combinação que afetam infiltração e escoamento, incluindo (a) densidade e cobertura de áreas vegetativas, B) quantidade de cobertura durante todo o ano; c) quantidade de erva ou de leguminosas semeadas; d) percentagem de cobertura de resíduos na superfície terrestre (boa $\geq 20\%$); E (e) grau de rugosidade da superfície. Pobre: Fatores prejudicam a infiltração e tendem a aumentar o escoamento. Bom: Os fatores estimulam a infiltração média e melhor do que a média e tendem a diminuir o escoamento. Fonte: NRSC (1986) (tradução nossa).

TABELA 3A - Número CN para outras áreas agrícolas¹.

Descrição da cobertura	Condição Hidrológica	Número da curva por grupo hidrológico de solo			
		A	B	C	D
Pasto, pastagem, ou gama - contínuo forragem para pastagem ²	Pobre	68	79	86	89
	Razoável	49	69	79	84
	Boa	39	61	74	80
Gramma de prado - contínua , protegido da pastagem e geralmente cortada para feno	-	30	58	71	78
Mistura de ervas daninhas, grama e vegetação rasteira ³	Pobre	48	67	77	83
	Razoável	35	56	70	77
	Boa	30 ⁴	48	65	73
Matas com grama combinada (pomar ou fazenda com árvores) ⁵	Pobre	57	73	82	86
	Razoável	43	65	76	82
	Boa	32	58	72	79
Matas ⁶	Pobre	45	66	77	83
	Razoável	36	60	73	79
	Boa	30 ⁴	55	70	77
Quintas, pistas, calçadas em torno de lotes	-	59	74	82	86

¹ Condições médias de escoamento, e Ia = 0,2S

² Pobre: <50% coberto com solo ou muito pastoreado sem cobertura.

Feira: 50 a 75% de cobertura vegetal e não muito pastoreada.

Boa:> 75% da cobertura do solo e levemente ou apenas ocasionalmente pastada.

³ Fraco: <50% de cobertura do solo. Feira: 50 a 75% de cobertura do solo. Bom:> 75% cobertura do solo

⁴ O número real da curva é menor que 30; Use CN = 30 para cálculos de escoamento.

⁵ A CN mostrada foi calculada para áreas com 50% de mata e 50% de capim (pastagem). Outras combinações de condições podem ser calculadas Da CN para madeiras e pastagens.

⁶ Pobre: Lixo da floresta, árvores pequenas e pincel são destruídos por pastoreio pesado ou queima regular. Razoável: As madeiras são pastoreadas, mas não são queimadas, e alguma camada de floresta cobre o solo. Bom: As madeiras estão protegidas contra o pastoreio, e a liteira e a escova cobrem adequadamente o solo

Fonte: NRSC (1986) (tradução nossa).

ANEXO B

TABELA 1B – CN para solo nu.

Local	Área (m²)	GHS	Manejo	CN
Campinas, SP	100	A	Sem aração	88
Mococa, SP	100	B	Sem aração	88
Sumé, PB	100	D	Sem aração	89
Planaltina, DF	77	B	Uma aração e gradagem no ano	78
Lajes, SC	77,35	C	Uma aração duas gradagens, duas vezes ao ano	87

Fonte: Sartori (2010).

TABELA 2B– CN para solo sem cultivo.

Local	Área (m²)	GHS	Manejo	CN
Campinas, SP	100	A	250kg/ha de restos culturais de milho na superfície do solo	88
	100	A	500kg/ha de restos culturais de milho na superfície do solo	87
	100	A	1000kg/ha de restos culturais de milho na superfície do solo	87
	100	A	1500kg/ha de restos culturais de milho na superfície do solo	86
	100	A	2000kg/ha de restos culturais de milho na superfície do solo	85
	100	A	4000kg/ha de restos culturais de milho na superfície do solo	77
	100	A	8000kg/ha de restos culturais de milho na superfície do solo	65
	Sumé, PB	100 a 5200	D	Desmatada: a vegetação era cortada quando sua altura atingia 5 cm
100		D	Vegetação rasteira com cobertura morta	74

Fonte: Sartori (2010).

TABELA 3B – CN para a cultura de milho.

Local	Área (m ²)	GHS	Manejo	CN
Campinas, SP	100	A	restos culturais queimados e plantio morro abaixo	67
	100	A	restos culturais incorporados e plantio morro abaixo	63
	100	A	restos culturais incorporados e plantio em contorno	61
	100	A	restos culturais na superfície e plantio morro abaixo	54
Mococa, SP	100	B	restos culturais incorporados e plantio morro abaixo	78
	100	B	restos culturais na superfície e plantio morro abaixo	53

Fonte: Sartori (2010).

TABELA 4B – CN para a cultura de soja e trigo em rotação.

Local	Área (m ²)	GHS	Manejo	CN
Campinas, SP	100	A	restos incorporados e plantio morro abaixo/restos incorporados e plantio morro abaixo	71
	100	A	restos incorporados e plantio morro abaixo/restos queimados e plantio morro abaixo	75
	100	A ¹	restos na superfície e plantio direto morro abaixo/restos na superfície e plantio direto morro abaixo	48
	100	A	restos incorporados e plantio morro abaixo/restos na superfície e plantio morro abaixo	66
Lajes, SC	77,35	C	cultivo mínimo: solo submetido a uma escarificação e uma gradagem, duas vezes ao ano	73
	77,35	C	preparo convencional: solo submetido a uma aração e duas gradagens, duas vezes ao ano	77
	77,35	C	semeadura direta: semeadura sem mobilização prévia do solo	58

¹ Comportamento complacente: maior chuva contida na amostra igual a 130,8 mm.

Fonte: Sartori (2010).

TABELA 5B – CN para outros usos.

Local	Área (m ²)	GHS	Manejo	CN
Sumé, PB	100 a	D	Caatinga nativa	56
	1,07x10 ⁴	D	Caatinga renascida	63
	100	D	Cactos (Palma)	89
Bofete, SP	53,23x10 ⁴	A	Eucalipto (93%), mata ciliar nativa (2%) e estrada de terra (5%) ¹	37
	386,17x10 ⁴	B	Eucalipto (66,0%), mata ciliar nativa (29,9%) e estrada de terra (4,1%) ²	

¹ Comportamento complacente: maior chuva contida na amostra igual a 89,2 mm.

² Comportamento complacente para chuvas menores do que 160 mm, maior chuva contida na amostra igual a 266,5 mm.

Fonte: Sartori (2010).

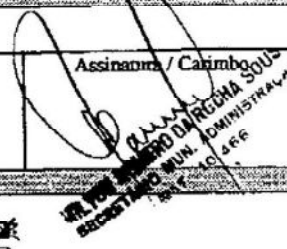
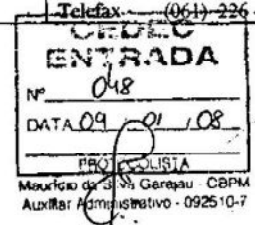
ANEXO C

FIGURA 1C - Portaria que reconhece a situação de emergência em virtude de intensas precipitações pluviométricas e inundações em Patos de Minas/MG.

<p style="text-align: center;">Ministério do Planejamento e Orçamento</p> <p style="text-align: center;">SECRETARIA ESPECIAL DE POLÍTICAS REGIONAIS</p> <p style="text-align: center;">PORTARIA Nº 1, DE 20 DE JANEIRO DE 1997</p> <p>O SECRETÁRIO DA SECRETARIA ESPECIAL DO MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO, no uso da competência que lhe foi delegada pelo Decreto de 17 de janeiro de 1995 e com sujeição às normas da Medida Provisória nº 1.063, de 27 de julho de 1995,</p> <p>considerando a Resolução NR 23, de 07.01.97, da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de Minas Gerais, e,</p> <p>considerando, ainda, as informações do Departamento de Defesa Civil no Processo nº 03900.000037/97-14, resolve:</p> <p>Reconhecer, em virtude de intensas precipitações pluviométricas e inundações, a situação de emergência nos Municípios de Acaiaca, Divinópolis, Dom Cavati, Água Comprida, Águas Formosas, Aimorés, Antônio Dias, Bom Jesus da Cachoeira, Bom Jesus do Galho, Brumadinho, Cachoeiro da Prata, Capetinga, Caratinga, Dom Silvério, Araxá, Astolfo Dutra, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, Belo Horizonte, Belo Vale, Bonfim, Campo Belo, Caputira, Carangola, Carbonita, Carmésia, Carmo do Cajuru, Carmópolis de Minas, Cássia, Conceição do Mato Dentro, Conceição de Ipanema, Congonhas, Congonhas do Norte, Conselheiro Lafaiete, Contagem, Capim Branco, Cruzília, Dona Euzébia, Lagoa Dourada, Lagoa Santa, Laranjal, Juiz de Fora, Ervália, Esmeraldas, Espera Feliz, Guarani, Guidoal, Frei Inocêncio, Ibitaré, Iguatama, Inimutaba, Ewbank da Câmara, Faria Lemos, Fervedouro, Formiga, Funilândia, Galiléia, Guaraciaba, Ibituruna, Ipaba, Ipatinga, Itabira, Itabirito, Itaguara, Itamarandiba, Itaúna, Jaboticatubas, Jaguarapu, Jampruca, Jequeri, Jequetibá, Juatuba, Juvenília, Lavras, Ribeirão Vermelho, Leopoldina, Lisburgo, Manhumirim, Mariana, Mutum, Matozinhos, Nova Era, Nova Lima, Ouro Preto, Patos de Minas, Mário Campos, Marliéria, Martinho Campos, Materlândia, Matipó, Mercês, Miradouro, Mirai, Moeda, Muriaé, Naque, Oliveira, Pains, Paraopeba, Patrocínio de Muriaé, Pedra do Anta, Pedro Leopoldo, Perdões, Piracicaba, Piranga, Pitangui, Pompéu, Ponte Nova, Pouso Alegre, Prados, Presidente Bernardes, Presidente Juscelino, Reduto, Rio Acima, Rio Casca, Rio Doce, Rio Manso, Rio Piracicaba, Rio Pomba, Santo Antônio do Norte, Santa Cruz do Escalvado, São Geraldo do Baixio, São Gonçalo do Pará, São Sebastião do Anta, Sabará, Sabinópolis, Sacramento, Santa Bárbara, Santa Cruz de Minas, Santa Luzia, Santa Margarida, Santana do Jacaré, Santana do Manhuaçu, Santos Dumont, São João Del Rei, São José da Lapa, São Tomé do Rio Doce, São Gonçalo do Rio Abaixo, Sete Lagoas, Sem Peixe, Simonésia, Tapirai, Timóteo, Tiradentes, Tocantins, Tumiritinga, Ubá, Uberaba, Uberlândia, Viçosa, Virginópolis e Vista Alegre, pelo prazo de 30 (trinta) dias, contados a partir de 07.01.97.</p>

Fonte: Ministério do Planejamento e Orçamento (1997).

FIGURA 2C - Registro de inundação ocorrida na área urbana de Patos de Minas/MG em 08/01/2008.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC							
NOTIFICAÇÃO PRELIMINAR DE DESASTRE - NOPRED							
1 - Tipificação				2 - Data de Ocorrência			
Código	Denominação		Dia	Mês	Ano	Horário	
NE.HEX	12.0.32	Enxurradas Bruscas	08	01	2008	17:30	
3 - Localização							
UF	MG	Município Patos de Minas					
4 - Área Afetada - Descrição da Área Afetada							
Zona Urbana: Bairros: Centro, Jardim Centro, Val Paraíso, Antônio Caixeta, Planalto, Novo Horizonte e Jardim Paulistano.							
5 - Causas do Desastre - Descrição do Evento e suas Características							
Precipitação Pluviométrica ocorrida no dia 08/01/2008 no horário de 17:30 as 18:00, causando elevação das águas do córrego do Moujolo, inundando algumas residências							
6 - Estimativa de Danos							
Danos Humanos		Número de Pessoas	Danos Materiais		Número de Edificações		
			Danificadas	Destruídas			
Desalojadas		60	Residenciais	16			
Desabrigadas		-	Públicas	-			
Deslocadas		-	Comunitárias	-			
Desaparecidas		-	Particulares	12			
Mortas		-	Serviços Essenciais		Intensidade do Dano		
Enfermas		-			Danificadas	Destruídas	
Levemente Feridas		-	Abastecimento de Água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Gravemente Feridas		-	Abastecimento de Energia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Afetadas		-	Sistema de Transporte	x	<input type="checkbox"/>		
			Sistema de Comunicações	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7 - Instituição Informante						Telefone	
COMDEC							
Nome do Informante		Cargo	Assinatura / Carimbo		Dia	Mês	Ano
Milton Romero da Rocha Sousa		Coordenador COMDEC			09	01	2008
8 - Instituições Informadas							
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC <input checked="" type="checkbox"/>							
Coordenadoria Regional de Defesa Civil - CORDEC <input type="checkbox"/>							
SECRETARIA DE DEFESA CIVIL - SEDEC				Telefones -			
Esplanada dos Ministérios - Bloco "E" - 7º Andar				(061) 223 - 4717			
Brasília/DF				(061) 414 - 5802			
70067-901				(061) 414 - 5806			
				Telefax - (061) 226 - 7588			
							
Mouricio de S. Gereau - CBPM Auxiliar Administrativo - 092510-7							

Fonte: Sistema Nacional de Defesa Civil (2008).

FIGURA 3C - Registro de inundação brusca ocorrida em 11/11/2009 em Patos de Minas/MG.
 (...continua...)


SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC				
		AVALIAÇÃO DE DANOS		
1 - Tipificação			2 - Data de Ocorrência	
Código	Denominação		Dia	Mês
NE.HEX	12.302	Enxurradas e inundações bruscas	11	11
			Ano	Horário
			09	3 h
3 - Localização				
UF: MG		Município: Patos de Minas		
4 - Área Afetada				
Tipo de Ocupação	Não existe/ Não afetada	Urbana	Rural	Urbana e Rural
Residencial	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comercial	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Industrial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agrícola	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pecuária	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Extrativismo Vegetal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reserva Florestal ou APA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mineração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Turismo e outras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Descrição da Área Afetada				
Região central, bairros da região nordeste e margens do Rio Paranaíba na cidade de Patos de Minas.				
5 - Causas do Desastre - Descrição do Evento e suas Características				
Chuva intensa com alto índice de precipitação pluviométrica (150 mm em duas horas).				
SECRETARIA DE DEFESA CIVIL - SEDEC Esplanada dos Ministérios - Bloco "E" - 6º Andar Brasília/DF 70067-901			Telefones - (061) 223 - 4717 (061) 414 - 5802 (061) 414 - 5806 Telefax - (061) 226 - 7588	

FIGURA 3C, Cont.

6 - Danos Humanos Número de Pessoas	0 a 14 anos	15 a 64 anos	Acima de 65 anos	Gestantes	Total
Desalojadas		07			07
Desabrigadas	08	09			17
Deslocadas					
Desaparecidas					
Levemente Feridas					
Gravemente Feridas					
Enfermas					
Mortas					
Afetadas	45	226	17		288

7 - Danos Materiais Edificações	Danificadas		Destruídas		Total
	Quantidade	Mil R\$	Quantidade	Mil R\$	Mil R\$
Residenciais Populares	73	584	04	93	677
Residenciais - Outras					
Públicas de Saúde					
Públicas de Ensino					
Infra-Estrutura Pública					
Obras de Arte	05	600			600
Estradas (Km)					
Pavimentação de Vias Urbanas (Mil m ²)	50.000	1.100			1.100
Outras				150.000	150.000
Comunitárias					
Particulares de Saúde					
Particulares de Ensino					
Rurais					
Industriais					
Comerciais	03	15			15

FIGURA 3C, Cont.

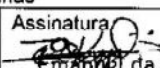
8 - Danos Ambientais Recursos Naturais	Intensidade do Dano					Valor Mil R\$
	Sem Danos	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	
Água						
Esgotos Sanitários	o	x	o	o	o	30
Efluentes Industriais	x	o	o	o	o	
Resíduos Químicos	x	o	o	o	o	
Outros	x	o	o	o	o	
Solo						
Erosão	o	o	x	o	o	120
Deslizamento	o	o	o	x	o	200
Contaminação	x	o	o	o	o	
Outros	x	o	o	o	o	
Ar						
Gases Tóxicos	x	o	o	o	o	
Partículas em suspensão	x	o	o	o	o	
Radioatividade	x	o	o	o	o	
Outros	x	o	o	o	o	
Flora						
Desmatamento	x	o	o	o	o	
Queimada	x	o	o	o	o	
Outros	x	o	o	o	o	
Fauna						
Caça Predatória	x	o	o	o	o	
Outros	x	o	o	o	o	

9 - Prejuízos Econômicos Setores da Economia	Quantidade		Valor Mil R\$
Agricultura	produção		
Grãos/cereais/leguminosas		t	
Fruticultura		t	
Horticultura		t	
Silvicultura/Extrativismo		t	
Comercial		t	
Outras		t	
Pecuária	cabeças		
Grande porte		unid	
Pequeno porte		unid	
Avicultura		unid	
Piscicultura		mil unid	
Outros		unid	
Indústria	produção		
Extração Mineral		t	
Transformação		unid	
Construção		unid	
Outros		unid	
Serviços	Prest. de Serviço		
Comércio		unid	
Instituição Financeira		unid	
Outros		unid	

FIGURA 3C, Cont.

10 - Prejuízos Sociais		
Serviços Essenciais	Quantidade	Valor
Abastecimento d'Água		
Rede de Distribuição	<input type="text"/> m	<input type="text"/> Mil R\$
Estação de Tratamento (ETA)	<input type="text"/> unid	<input type="text"/>
Manancial	<input type="text"/> m ³	<input type="text"/>
Energia Elétrica		
Rede de Distribuição	<input type="text"/> m	<input type="text"/> Mil R\$
Consumidor sem energia	<input type="text"/> consumidor	<input type="text"/>
Transporte		
Vias	<input type="text"/> 8,00 km	<input type="text"/> Mil R\$
Terminais	<input type="text"/> unid	<input type="text"/> 256
Meios	<input type="text"/> unid	<input type="text"/>
Comunicações		
Rede de Comunicação	<input type="text"/> km	<input type="text"/> Mil R\$
Estação Retransmissora	<input type="text"/> unid	<input type="text"/>
Esgoto		
Rede Coletora	<input type="text"/> 550,00 m	<input type="text"/> Mil R\$
Estação de Tratamento (ETE)	<input type="text"/> unid	<input type="text"/> 30
Gás		
Geração	<input type="text"/> m ³	<input type="text"/> Mil R\$
Distribuição	<input type="text"/> m ³	<input type="text"/>
Lixo		
Coleta	<input type="text"/> t	<input type="text"/> Mil R\$
Tratamento	<input type="text"/> t	<input type="text"/>
Saúde		
Assistência Médica	<input type="text"/> p.dia	<input type="text"/> Mil R\$
Prevenção	<input type="text"/> p.dia	<input type="text"/>
Educação		
Alunos sem dia de aula	<input type="text"/> aluno/dap	<input type="text"/> Mil R\$
Alimentos Básicos		
Estabelecimentos armazenadores	<input type="text"/> t	<input type="text"/> Mil R\$
Estabelecimentos comerciais	<input type="text"/> estabelec.	<input type="text"/>
Descrição dos Prejuízos Sociais		

FIGURA 3C, Cont.

11 - Informações sobre o Município				
Ano Atual: 2009		Ano Anterior: 2008		
População (hab): 133.054	Orçamento (Mil R\$): 228.700	PIB (Mil R\$): 1.281.506	Arrecadação (Mil R\$): 163.313,21560	
12 - Avaliação Conclusiva sobre a Intensidade do Desastre (Ponderação)				
Critérios Preponderantes				
Intensidade dos Danos	Pouco Importante	Médio ou Significativo	Importante	Muito Importante
Humanos	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materiais	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ambientais	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vulto dos Prejuízos	Pouco Importante	Médio ou Significativo	Importante	Muito Importante
Econômicos	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sociais	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Necessidade de Recursos Suplementares	Pouco Vultosos	Mediamente Vultosos ou Significativos	Vultosos porém Disponíveis	Muito Vultosos e Não Disponíveis no SINDEC
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Critérios Agravantes				
	Pouco Importante	Médio ou Significativo	Importante	Muito Importante
Importância dos Desastres Secundários	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Despreparo da Defesa Civil Local	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Grau de Vulnerabilidade do Cenário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Grau de Vulnerabilidade da Comunidade	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Padrão Evolutivo do Desastre	Gradual e Previsível	Gradual e Imprevisível	Súbito e Previsível	Súbito e Imprevisível
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tendência para agravamento	Não			Sim
	<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>
Conclusão				
Nível de Intensidade do Desastre	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	I	II	III	IV
Porte do Desastre	Pequeno ou Acidente	Médio	Grande	Muito Grande
13 - Instituição Informante				
Nome da Instituição Prefeitura Municipal de Patos de Minas		Responsável Emanuel da Paixão Kappel		
Cargo Secretário Municipal de Governo	Assinatura  Emanuel da Paixão Kappel Secretário de Governo Mat. 15896	Telefone (34)3822-9680	Dia 13	Mês 11
		Ano 2009		
14 - Instituições Informadas				
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil		<input checked="" type="checkbox"/> Informada		
Coordenadoria Regional de Defesa Civil		<input checked="" type="checkbox"/>		
15 - Informações Complementares				
Moeda utilizada no preenchimento: R\$		Taxa de conversão para o Dólar Americano:		

Fonte: Sistema Nacional de Defesa Civil (2009).

FIGURA 4C - Registro de inundação gradual ocorrida em 17/01/2007 em Patos de Minas/MG. (...continua...)


SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC				
		<h2 style="margin: 0;">AVALIAÇÃO DE DANOS - AVADAN</h2>		
1 - Tipificação Código: NE-HIG 12-301 Denominação: ENCHENTES OU INUNDAÇÕES GRADUAIS			2 - Data de Ocorrência Dia: 17 Mês: 01 Ano: 07 Horário: 21:00	
3 - Localização UF: MG Município: PATOS DE MINAS				
4 - Área Afetada				
Tipo de Ocupação	Não existe/ Não afetada	Urbana	Rural	Urbana e Rural
Residencial		X		
Comercial	X			
Industrial	X			
Agrícola			X	
Pecuária			X	
Extrativismo Vegetal				
Reserva Florestal ou APA	X			
Mineração	X			
Turismo e outras	X	X		
Descrição da Área Afetada BAIRRO VILA ROSA - RUA CARMO DO PARANAÍBA, RUA LÁZARO ALVES NETO, R. JOVELINO P. DE LIMA, TRAVESSA 30 e RUA 2. BAIRRO JARDIM PAULISTANO - RUA DOUTOR ERNANE LEMOS, RUA FLAUZINO PEREIRA, RUA EDSON ALAIR RIBEIRO, RUA ROBERTO DE ASSIS MARTINS E RUA JOSÉ DIAS VIEIRA. BAIRRO SÃO JOSÉ OPERÁRIO - RUA FLORIANÓPOLIS, RUA TITO SILVA, RUA 1º DE MAIO. BAIRRO PLANALTO - R. PEDRO N. DA SILVA, R. MARIA CONCEIÇÃO BORGES FILHA, SV. JOSÉ LOBO VASCONCELOS, RUA DE DOLOR BORGES e R. UBALDA ALVES DE OLIVEIRA. ÁREA RURAL - DISTRITO DE BONSUCÊSSO DE PATOS, DISTRITO DE PINDAÍBAS, DISTRITO DE CHUMBO, DISTRITO DE MAJOR PORTO, DISTRITO DE PILAR, POVOADO DE LANHOSOS e POVOADO DE ALAGOÁS.				
5 - Causas do Desastre - Descrição do Evento e suas Características Intensas precipitações pluviométricas em entre os dias 05 a 08 de janeiro, com acumulado de 156mm de chuvas, provocando a elevação do Rio Paranaíba em 11,10m acima do seu nível normal, sua cota de alerta é de 8,30m, causando a invasão das águas em bairros, ruas e residências, bem como provocando ainda derramamento de águas de lagoas, afetando a infra-estrutura geral e destruindo estradas e pontes que dão acesso a zona rural.				
SECRETARIA DE DEFESA CIVIL - SEDEC Esplanada dos Ministérios - Bloco "E" - 7º Andar Brasília/DF 70067-901			Telefones - (061) 223 - 4717 (061) 414 - 5869 (061) 414 - 5804 Fax - (061) 226 - 7588	

FIGURA 4C, Cont.

6 - Danos Humanos Número de Pessoas	0 a 14 anos	15 a 64 anos	Acima de 65 anos	Gestantes	Total
Desalojadas	57	107	-	-	164
Desabrigadas	66	91	-	-	157
Deslocadas	-	-	-	-	-
Desaparecidas	-	-	-	-	-
Levemente Feridas	-	-	-	-	-
Gravemente Feridas	-	-	-	-	-
Enfermas	-	-	-	-	-
Mortas	-	-	-	-	-
Afetadas	750	1.445	934	05	3.134

7 - Danos Materiais Edificações	Danificadas		Destruidas		Total Mil R\$
	Quantidade	Mil R\$	Quantidade	Mil R\$	
Residenciais Populares	107	701	40	480	1.181
Residenciais - Outras	-	-	-	-	-
Públicas de Saúde	-	-	-	-	-
Públicas de Ensino	-	-	-	-	-
Infra-Estrutura Pública					
Obras de Arte	14	249	08	330	579
Estradas (Km)	2.985	2.238	50	250	2.488
Pavimentação de Vias Urbanas (Mil m ²)	450	2.855	12	262	3.117
Outras	-	-	-	-	-
Comunitárias	-	-	-	-	-
Particulares de Saúde	-	-	-	-	-
Particulares de Ensino	-	-	-	-	-
Rurais	-	-	-	-	-
Industriais	-	-	-	-	-
Comerciais	-	-	-	-	-

FIGURA 4C, Cont.

8 - Danos Ambientais Recursos Naturais		Intensidade do Dano					Valor Mil R\$
Água	Sem Danos	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		
Esgotos Sanitários	X					-	
Efluentes Industriais	X					-	
Resíduos Químicos	X					-	
Outros	X					-	
Solo	Sem Danos	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		
Erosão		X				200	
Deslizamento		X				100	
Contaminação	X					-	
Outros	X					-	
Ar	Sem Danos	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		
Gases Tóxicos	X					-	
Partículas em Suspensão	X					-	
Radioatividade	X					-	
Outros	X					-	
Flora	Sem Danos	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		
Desmatamento	X					-	
Queimada	X					-	
Outros	X					-	
Fauna	Sem Danos	Baixa	Média	Alta	Muito Alta		
Caça Predatória	X					-	
Outros	X					-	

9 - Prejuízos Econômicos Setores da Economia		Quantidade		Valor Mil R\$
Agricultura		produção		Mil R\$
Grãos/cereais/leguminosas	3.600	t		3.200
Fruticultura	-	t		-
Horticultura	200	t		800
Silvicultura/Extrativismo	-	t		-
Comercial	-	t		-
Outras	-	t		-
Pecuária		cabeças		Mil R\$
Grande porte	-	unid		-
Pequeno porte	-	Unid		-
Avicultura	-	Unid		-
Piscicultura	-	Mil unid		-
Outros (pastagem há)	5.000	Unid		500
Indústria		produção		Mil R\$
Extração Mineral	-	T		-
Transformação	-	Unid		-
Construção	-	Unid		-
Outros	-	Unid		-
Serviços		prest. de serviço		Mil R\$
Comércio	-	Unid		-
Instituição Financeira	-	Unid		-
Outros	-	Unid		-

FIGURA 4C, Cont.

Descrição dos Prejuízos Econômicos Agricultura: Cultura de soja, milho, café. Pecuária: Perda da pastagem para aluguel		
10 - Prejuízos Sociais		
Serviços Essenciais	Quantidade	Valor Mil R\$
Abastecimento d'Água		
Rede de Distribuição	- m	-
Estação de Tratamento (ETA)	- unid	-
Manancial	- m ³	-
Energia Elétrica		
Mil R\$		
Rede de Distribuição	- m	-
Consumidor sem energia	- consumidor	-
Transporte		
Mil R\$		
Vias	3.035 km	2.488
Terminais	- unid	-
Meios	- unid	-
Comunicações		
Mil R\$		
Rede de Comunicação	- km	-
Estação Retransmissora	- unid	-
Esgoto		
Mil R\$		
Rede Coletora	3.000 m	135
Estação de Tratamento (ETE)	- unid	-
Gás		
Mil R\$		
Geração	- m ³	-
Distribuição	- m ³	-
Lixo		
Mil R\$		
Coleta	985 t	65
Tratamento	- t	-
Saúde		
Mil R\$		
Assistência Médica	- p.dia	-
Prevenção	- p.dia	-
Educação		
Mil R\$		
Alunos sem dia de aula	- aluno/dap	-
Alimentos Básicos		
Mil R\$		
Estabelecimentos. armazenadores	- t	-
Estabelecimentos comerciais	- estabelec.	-
Descrição dos Prejuízos Sociais INTERRUPÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTO EM VIRTUDE DE DANOS NA REDE PÚBLICA, PARALIZAÇÃO DA COLETA DE LIXO PREJUDICADAS EM FUNÇÃO DAS ESTRADAS DE ACESSO AO ATERRO SANITÁRIO, PARALIZAÇÃO DO ATENDIMENTO DOS PROGRAMAS DE SAÚDE PELO AS ÁREAS RURAIS ESTAREM PREJUDICADAS EM FUNÇÃO DO ESTADO DAS VIAS VICINAIS, COM PREJUÍZO TAMBÉM PARA O ESCOAMENTO DOS INSUMOS PRODUZIDOS E CHEGADA DOS INSUMOS DE PRODUÇÃO.		

FIGURA 4C, Cont.

11 - Informações sobre o Município			
Ano Atual 2007		Ano Anterior 2006	
População (hab): 139.357	Orçamento (Mil R\$): 160.890	PIB (Mil R\$): 744.291	Arrecadação (Mil R\$): 115.356

12 - Avaliação Conclusiva sobre a Intensidade do Desastre (Ponderação)				
Critérios Preponderantes				
Intensidade dos Danos	Pouco Importante	Médio ou Significativo	Importante	Muito Importante
Humanos			X	
Materiais			X	
Ambientais	X			
Vulto dos Prejuízos	Pouco Importante	Médio ou Significativo	Importante	Muito Importante
Econômicos	X			
Sociais			X	
Necessidade de Recursos Suplementares	Pouco Vultosos	Mediamente Vultosos ou Significativos	Vultosos porém Disponíveis	Muito Vultosos e Não Disponíveis no SINDEC
			X	
Critérios Agravantes				
	Pouco Importante	Médio ou Significativo	Importante	Muito Importante
Importância dos Desastres Secundários	X			
Despreparo da Defesa Civil Local		X		
Grau de Vulnerabilidade do Cenário				X
Grau de Vulnerabilidade da Comunidade				X
Padrão Evolutivo do Desastre	Gradual e Previsível	Gradual e Imprevisível	Súbito e Previsível	Súbito e Imprevisível
		X		
Tendência para agravamento	Não			Sim
				X
Conclusão				
Nível de Intensidade do Desastre	I	II	III	IV
Porte do Desastre	Pequeno ou Acidente	Médio	Grande	Muito Grande
		X		

13 - Instituição Informante					
Nome da Instituição COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA CÍVIL 'COMDEC'			Responsável: MILTON ROMERO DA ROCHA SOUSA		
Cargo COORDENADOR DA COMDEC	Assinatura	Telefone (34) 3822 96 01 (34) 3822 9838	Dia 22	Mês 01	Ano 2007

14 - Instituições Informadas	
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil	X
Coordenadoria Regional de Defesa Civil	X

15 - Informações Complementares	
Moeda utilizada no preenchimento: REAL	Taxa de conversão para o Dólar Americano: 2,134

Fonte: Sistema Nacional de Defesa Civil (2007).