

Cindy Olivier Paolucci

Metodologia de geoprocessamento  
aplicada à criação da carta de  
enxurradas de Belo Horizonte

XV Curso de Especialização em  
Geoprocessamento  
2014



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartografia@igc.ufmg.br

**CINDY OLIVIER PAOLUCCI**

**METODOLOGIA DE GEPROCESSAMENTO APLICADA À CRIAÇÃO DE  
MAPA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**

Monografia apresentada ao Programa de Especialização em Geoprocessamento do Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Belo Horizonte, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento.

Orientador: Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

Belo Horizonte  
Departamento de Cartografia da UFMG

2014

Monografia defendida e aprovada, em 09 de dezembro de 2014, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

---

Prof. Bráulio Magalhães Fonseca

## RESUMO

Localizada no sudeste brasileiro, no Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte possui características geográficas propícias aos efeitos negativos da chuva. Sua ocupação ao longo do Ribeirão Arrudas em um contexto de vales encaixados e colinas dissecadas, implicando em elevadas declividades, sobretudo na porção sul do município, aumentou as probabilidades de ocorrência de processos naturais perigosos (hidrológicos e geológicos). Dentre eles, as enxurradas são escoamentos superficiais concentrados e com alta energia de transporte, que afetam os moradores da cidade causando danos ou perdas dos bens materiais, ilhando casas e comércios, deteriorando as infraestruturas urbanas, arrastando carros nas ruas, provocando atrasos por engarrafamentos no trânsito, entre outros. Diante da vulnerabilidade da população, esta pesquisa objetiva elaborar uma metodologia para o mapeamento do risco de enxurradas. O método usado foi a análise multicritério que permitiu a elaboração de um mapa síntese da susceptibilidade à formação de enxurradas em Belo Horizonte, utilizando a versão 10 do *software* ArcGIS. As variáveis selecionadas foram a declividade e a curvatura mapeadas a partir das curvas de nível com espaçamento de cinco metros, e também os substratos litológicos das áreas verdes urbanas. O mapa síntese permitiu a realização de uma Carta de Enxurradas de Belo Horizonte, que apresenta os trechos de ruas com maior susceptibilidade, possíveis de serem mapeados na escala do Município (1:125.000), das suas regiões administrativas 1:40.000, a 1:65.000) e dos seus bairros (1:7.500 a 1:10.000).

**Palavras-chaves:** Susceptibilidade à formação de enxurradas, Manchas de Inundações, Risco e Mapeamento.

## RESUMÉ

Situé au sud-est du Brésil dans l'état du Minas Gerais, la géographie de Belo Horizonte est propice aux conséquences des pluies torrentielles. Dans la portion sud de la municipalité où l'occupation urbaine s'étend jusqu'aux marges de la Rivière Arrudas et les collines accentuées impliquent des déclivités très élevées, les probabilités de se produire des processus naturels (hydrologiques et géologiques) sont à la hausse. Parmi eux, les flux d'eau sont des écoulements superficiels concentrés et pourvue d'un haut débit. Dans les villes, les habitantes sont affectés de plusieurs façons, provoquant entre autres des dommages ou pertes de biens matériels, l'inondation des commerces et des domiciles, la détérioration des infrastructures urbaines et du retard causé par le trafic. Compte tenu de la vulnérabilité de la population, cette recherche vise à décrire une méthodologie qui permet d'élaborer une carte du risque des flux d'eau en milieu urbain. L'analyse multicritère a été la méthode utilisée à l'aide du logiciel ArcGIS 10, permettant l'élaboration d'une carte synthèse du phénomène à l'étude. Les variables sélectionnées sont la déclivité et la courbure des pentes, cartographiées selon les courbes de niveau espacées de cinq mètres, en plus des substrats lithologiques des espaces verts urbains. Ces variables ont permis la réalisation d'une Carte des Flux d'Eau de Belo Horizonte, illustrant le niveau de risque selon les tronçons de rues. Celle-ci peut être cartographiée à l'échelle de la municipalité (1:125 000), de ses régions administratives 1:40 000, le 1:65 000) et de ses quartiers (1:7 500 à 1:10 000).

**Mots-clés** : Susceptibilité à la formation de flux d'eau, Inondations, Risque et Cartographie.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de declividade de Belo Horizonte.....	16
Figura 2 - Mapa de curvatura de Belo Horizonte .....	18
Figura 3 - Mapa dos substratos litológicos das áreas verdes de Belo Horizonte.....	21
Figura 4 - Mapa síntese da susceptibilidade à formação de enxurradas em Belo Horizonte ...	25
Figura 5 - Comparação da classificação de risco de enxurradas entre os <i>pixels</i> do modelo prospectivo e os trechos de rua.....	27

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Valores adotados para reclassificação da declividade.....	22
Tabela 2 - Valores adotados para reclassificação da curvatura.....	23
Tabela 3 - Valores adotados para reclassificação dos substratos litológicos das áreas verdes urbanas.....	24
Tabela 4 - Classes de susceptibilidade à formação de enxurradas .....	24

**LISTA DE SIGLAS**

PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PRODABEL	Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SUDECAP	Superintendência de Desenvolvimento da Capital
URBEL	Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
Objetivos específicos.....	9
Justificativas .....	10
Procedimentos metodológicos.....	11
<b>CAPITULO 1 - ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS PARA EVENTUAL CRUZAMENTO</b> .....	14
1.1 Declividade.....	14
1.2 Curvatura .....	17
1.3 Substratos litológicos das áreas verdes urbanas .....	19
<b>CAPÍTULO 2 - MAPEAMENTO DA SUSCEPTIBILIDADE À FORMAÇÃO DE ENXURRADAS</b> .....	22
2.1 Reclassificação das variáveis analisadas .....	22
2.3 Modelo prospectivo usando o método booleano.....	24
<b>CAPÍTULO 3 - MAPEAMENTO DOS TRECHOS DE RUA SUSCEPTÍVEIS ÀS ENXURRADAS</b> .....	26
3.1 Atribuição das informações de superfície .....	26
3.2 Produção de mapas .....	27
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	32
<b>ANEXO A</b> .....	34
<b>ANEXO B</b> .....	36
<b>ANEXO C</b> .....	46

## **INTRODUÇÃO**

No Brasil, de maneira geral, a produção do espaço urbano, e até mesmo metropolitano, alimentou o desequilíbrio natural (MONTE\_MOR, 1994). Os efeitos do processo de urbanização, tais como a intensificação de demanda social, o déficit habitacional e a especulação imobiliária, ocasionaram uma enfraquecida do poder público no controle e ordenamento do uso do solo. Constatou-se, assim, que a ocupação das margens dos rios e das encostas pela moradia de baixa renda tornou-se a única alternativa de produção de espaço. Os rios urbanos eram utilizados como depósito de lixo, porque não havia um serviço universal de coleta de resíduos sólidos e esgotos, e por último, a falta de vontade política pela preservação ambiental das áreas protegidas e das bacias hidrográficas contribuiu para a deterioração dos recursos naturais e afetou diretamente a qualidade de vida de todos os habitantes das regiões mais urbanizadas. Por consequência, nota-se uma intensificação de desastres naturais, principalmente aqueles relacionados aos processos hidrológicos (enchentes, inundações, alagamentos e enxurradas) e geológicos (escorregamentos e quedas de blocos) causados pela chuva desde os anos 1960.

Dentre esses processos, as enxurradas afetam os moradores de toda parte da cidade, causando danos ou perdas dos bens materiais, ilhando casas e comércios, deteriorando as infraestruturas urbanas, arrastando carros nas ruas, provocando atrasos por engarrafamentos no trânsito, entre outros. Em Belo Horizonte, as vítimas fatais pelas forças da água da chuva tornam-se frequentes. Ainda em abril deste ano, um homem faleceu depois de ser levado pelo córrego do Onça, na Regional Nordeste.

Diante da vulnerabilidade da população belo-horizontina, o mapeamento das áreas de risco surge como um instrumento de diálogo com a cidade, na busca de ações de prevenção. A Carta de Inundação de Belo Horizonte não contempla as áreas afetadas por enxurradas, e essa foi a força impulsionadora deste trabalho.

### **Objetivos específicos**

Esta monografia objetiva elaborar uma metodologia para o mapeamento do risco de

enxurradas no Município de Belo Horizonte. Apresenta-se, a seguir, uma série de etapas sucessivas como formulação de objetivos específicos:

1. Elaborar os mapas temáticos referentes às características físicas e antrópicas de Belo Horizonte, sendo elas: declividade, curvatura e substratos litológicos das áreas verdes urbanas;
2. Mapear a susceptibilidade à formação de enxurradas em Belo Horizonte;
3. Realizar a Carta de Enxurradas de Belo Horizonte com destaque nos trechos de ruas com maior susceptibilidade.

### **Justificativas**

Diversos mapeamentos de risco decorrente da chuva forte foram elaborados para o Município de Belo Horizonte. O primeiro surgiu em 1994, com a criação da Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (URBEL). Para a realização do diagnóstico de risco geológico-geotécnico nas vilas e favelas, o órgão da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) zoneou as áreas em que a instabilidade das encostas e a drenagem das margens de córregos eram consideradas críticas nas imagens satélites em estudo. Em 2004, a atualização desse diagnóstico resultou na adoção de critérios de priorização para uma classificação das áreas em quatro categorias hierarquizadas, sendo elas: baixo risco, médio risco, alto risco e muito alto risco.

A partir de 2009, a PBH se preocupou também com a elaboração de uma Carta de Inundação de Belo Horizonte. O procedimento do monitoramento hidrológico-hidráulico empregado pela Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP) é bastante diferente daquele utilizado para avaliar o risco geológico-geotécnico. O tempo de concentração de cada bacia de contribuição ao local de extravasamento foi avaliado a partir da base de dados planialtimétricos, convertida para utilização no *software* Autocad que resultou na localização das principais manchas de inundação, mapeadas na escala do município (1:125.000), das nove regionais (1:40.000 a 1:65.000) e de outros recortes territoriais (1:7.500 a 1:10.000).

Na sua pesquisa sobre as eficiências e deficiências da gestão de risco hidrometeorológico em Belo Horizonte, Paolucci (2012) questiona o processo de produção de bases cartográficas com a finalidade de delimitação de manchas de inundações. Segundo a autora (p. 79), “ele não

apresenta uma visão integrada dos processos hidrológicos, que compreendem as inundações, as enchentes, os alagamentos e as enxurradas. Essas últimas passam ao nível cotidiano e não são captadas pela cartografia”.

A partir de tal questionamento, tornou-se premente a realização de um estudo sobre o geoprocessamento aplicado à criação de uma Carta de Enxurradas de Belo Horizonte, que venha corroborar com os anseios e propostas de campo da Cartografia. Ademais, cabe considerar que o mapeamento das enxurradas é um assunto pouco estudado e o resultado pode trazer muitos efeitos positivos, tanto na redução dos riscos quanto na melhoria do planejamento urbano em geral. Esta monografia se referiu no modelo de apresentação visual e escalas escolhidas pela SUDECAP devido à fácil leitura da sua Carta de Inundação de Belo Horizonte, tanto para os profissionais da área quanto para a população do município em geral. Além disso, baseou-se na metodologia da dissertação de mestrado de Reis (2011), ao mapear a suscetibilidade à formação de enxurradas na sub-bacia do Córrego do Leitão, pertencente à bacia do Ribeirão Arrudas, com o objetivo de analisar o escoamento superficial como condicionante de inundação em Belo Horizonte.

### **Procedimentos metodológicos**

#### *Álgebra de mapas em geoprocessamento no ambiente ArcGIS*

A análise multicritério vem sendo amplamente utilizada diante da complexidade do fenômeno das enxurradas e da necessidade de encontrar soluções que possam auxiliar na tomada de decisão. Esse tipo de análise se constitui num sistema de suporte à tomada de decisões baseado na combinação de variáveis (ou critérios) segundo diferentes métodos que geram como resultados planos de informação (geocampos) em diferentes formatos. Dentre eles, a média ponderada, fuzzy, bayesiano e inferência por redes neurais geram dados com potencialidade expressa de forma numérica, enquanto o método booleano gera dados com potencialidade expressa especialmente em forma de polígonos, que representam classes - favorável ou não favorável (MOREIRA *et al.*, 2001).

Como Reis (2011), utilizou-se o método booleano da análise multicritério como procedimento metodológico de cruzamento de variáveis, possível de ser realizado por meio de um Sistema

de Informação Geográfica (SIG). Esses são sistemas automatizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Sua estrutura em banco de dados possibilita uma atualização constante das características físicas e antrópicas para melhores resultados nos levantamentos das áreas de risco e análises desenvolvidas. Há uma grande disponibilidade de *software* de SIG, permitindo que estas ferramentas sejam utilizadas para o mapeamento de áreas de risco de enxurradas. Dentre eles, a presente pesquisa contemplou diversas ferramentas da versão 10.2 do ArcGIS.

### *Seleção das variáveis*

Ainda conforme Reis (2011), as causas das enxurradas determinaram as classes de susceptibilidade segundo as variáveis a seguir:

- A) Declividade até 5%;
- B) Declividade de 6% a 10 %;
- C) Declividade de 11% a 30%;
- D) Declividade de 31% a 47%;
- E) Declividade acima de 48%;
- F) Superfície de curvatura convexa;
- G) Superfície de curvatura plana;
- H) Superfície de curvatura côncava;
- I) Área urbana;
- J) Área verde caracterizada por depósitos aluvial, canga e colúvio laterizado;
- K) Área verde do complexo Belo Horizonte com embasamento gnáissico de idade arqueana predominante;
- L) Área verde da formação Cercadinho, composta de quartzitos alterados com filitos preteados;
- M) Área verde das formações Fecho do Funil e Barreiro, composta por filitos carbonatos;
- N) Área verde da formação Gandarela, composta por filitos dolomíticos e dolomitos;
- O) Área verde do grupo Sabará, composta por xistos e filitos.

Para mapear as áreas de ocorrências dos critérios diagnósticos acima indicados, empregou-se a seguinte equação de álgebra booleana:

{(A or B or C or D or E) and (F or G or H) and (I or J or K or L or M or N or O)} →

## ÁREAS SUSCEPTÍVEIS ÀS ENXURRADAS

### *Coleta de dados*

Os dados necessários para a realização da presente monografia foram disponibilizados em formato *shapefile* (arquivo de extensão .shp) por diversos órgãos da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), sendo eles: curvas de nível, uso do solo, vilas e favelas, cursos d'água, manchas de inundação, limite do município, das regiões administrativas e dos bairros, vias públicas e quadras. Esses dados estão disponíveis na projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e datum SAD69 (*South American 1969*).

## CAPITULO 1

### ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS PARA EVENTUAL CRUZAMENTO

Este capítulo cumpre o primeiro objetivo desta pesquisa, que consiste no mapeamento de cada uma das três variáveis selecionadas para a eventual análise multicritério: declividade, curvatura e substratos litológicos das áreas verdes urbanas.

#### 1.1 Declividade

A declividade influencia a velocidade do escoamento superficial de uma bacia. Trata-se da relação entre a amplitude e o comprimento de rampa, medida em graus ou porcentagem (GUIMARÃES, 2008).

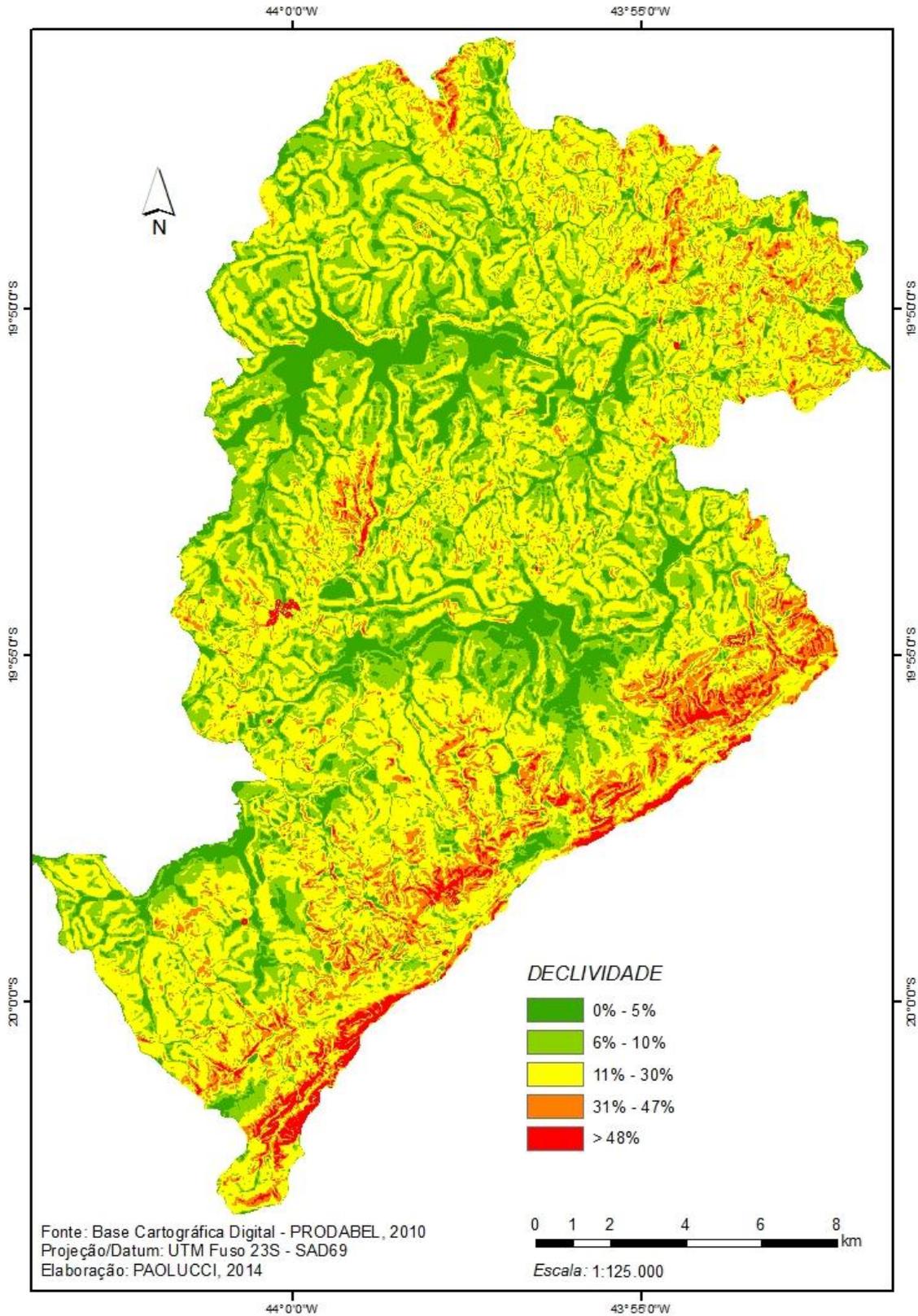
Para a elaboração do mapa de declividade de Belo Horizonte, foram utilizadas as curvas de nível de cinco metros (*shapefile* Curvas\_Nível) e do limite do Município de Belo Horizonte (*shapefile* Limite\_BH), disponibilizadas pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL) em 2010.

A ferramenta chamada *3D Analyst Tools > Create Tin From Feature* do software ArcGIS, que possui algoritmos de manipulação, possibilitou a criação de um Modelo Numérico de Elevação – MDE, a partir de um *shapefile* (arquivo com extensão .shp) de curvas de nível. Em seguida, o MDE possibilitou o mapeamento da declividade com resolução espacial de 30 metros, por meio da ferramenta *3D Analyst Tools > Surface Analysis > Slope*.

Conforme a Figura 1, os vertentes com declividade entre 31 e 47% ocupam uma área considerável do município, interferindo diretamente na velocidade da água da chuva que se acumulam nas ruas, nos becos e nos córregos. As vertentes com declividades muito elevadas (> 48%) apresentam-se com maior importância na porção do extremo sudeste e no nordeste do município. Belo Horizonte, como muitas outras metrópoles, tem parte de seus locais de forte declividade ocupados por vilas e favelas. Nessas regiões, a formação de enxurradas é certamente mais frequente devido às consequências da alta taxa de impermeabilização do solo.

A forte declividade em Belo Horizonte se explica devido a fatores geológicos e geomorfológicos que condicionam a esculturação das formas de relevo, caracterizado por um total de 852 metros de desnivelamento. Na porção sul, a Serra do Curral possui os pontos mais elevados, que atingem até 1.395 metros acima do nível do mar. Na porção norte, os pontos mais baixos do terreno chegam a 543 metros, próximo aos leitos fluviais do Ribeirão Isidoro e dos Córregos Calazans e Lagoa Grande.

Figura 1 - Mapa de declividade de Belo Horizonte

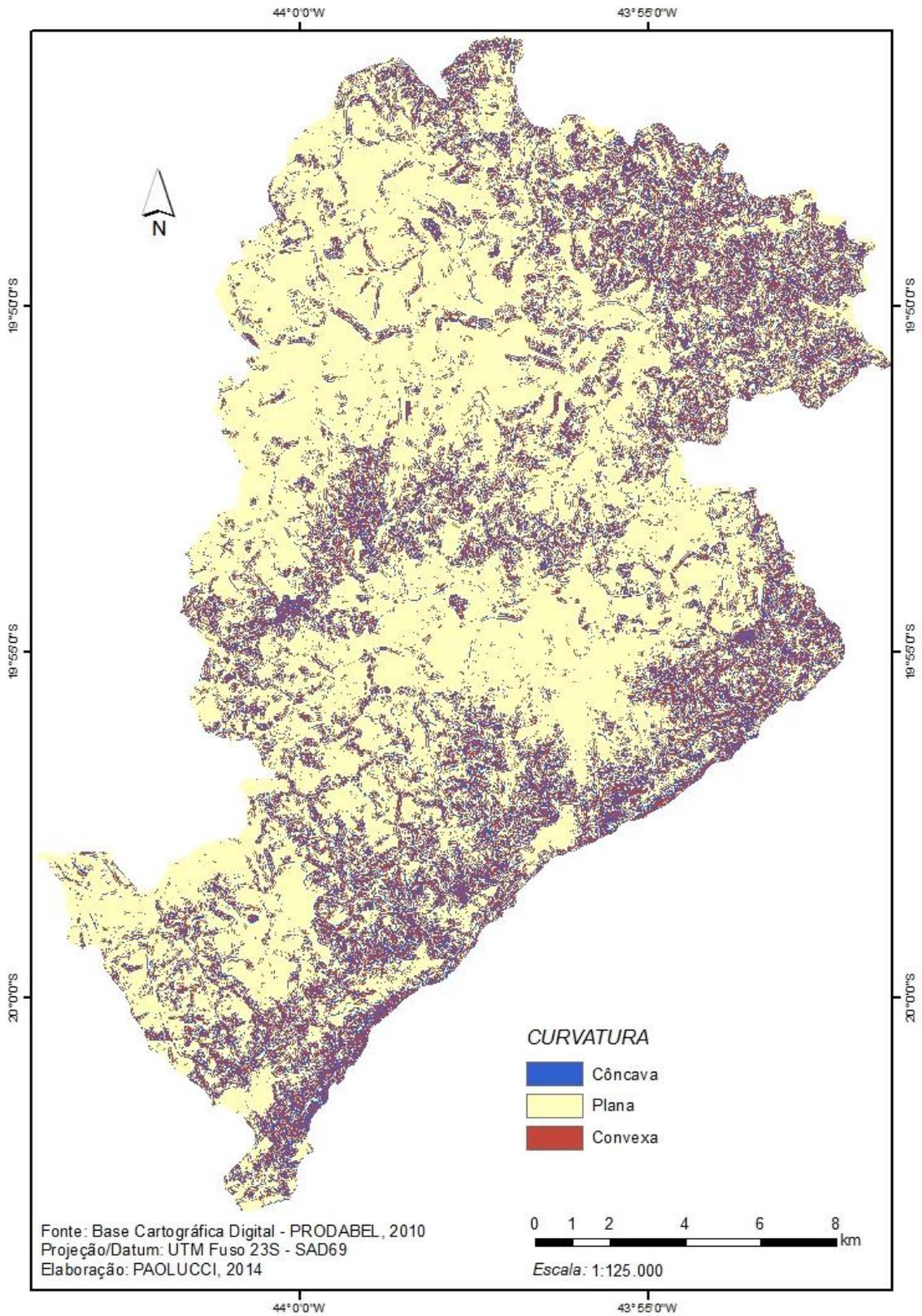


## 1.2 Curvatura

A curvatura, também chamada de feições geomorfológicas da superfície terrestre ou formas do relevo, influencia na dispersão da água da chuva em uma bacia hidrográfica. Trata-se da variação da inclinação da tangente sobre dois pontos de um determinado arco (STABILE & VEIRA, 2008). As áreas mais baixas e planas, de baixo risco, são mais suscetíveis ao acúmulo de água. Essas áreas não caracterizam o escoamento superficial em alto transporte, diferentes daquelas convexas e côncavas.

Para a realização do mapa de curvatura vertical e horizontal com resolução espacial de 30 metros, selecionou-se a imagem *raster* (arquivo de extensão .tif) de declividade na ferramenta *3D Analysis Tools > Raster Surface > Curvatura* do *software* ArcGIS. A classificação é aquela empregada por Reis (2011), segundo a qual a curvatura foi representada na forma côncava ( $> -0,08^\circ/\text{m}$ ), plana ( $-0,08^\circ/\text{m} - 0,08^\circ/\text{m}$ ) e convexa ( $> 0,08^\circ/\text{m}$ ).

Conforme a Figura 2, as curvaturas côncavas e convexas em Belo Horizonte coincidem com as áreas de declividade acima de 10%. Mesmo sem a análise multicritério proposta na presente pesquisa, pode ser previsto que vertentes côncavas e de alta declividade serão coincidentes com as maiores susceptibilidades à formação de enxurradas. Pôde-se deduzir também que a direção preferencial do escoamento superficial será condicionada de forma paralela a elas.

**Figura 2 - Mapa de curvatura de Belo Horizonte**

### 1.3 Substratos litológicos das áreas verdes urbanas

Para a elaboração do mapa dos substratos litológicos das áreas verdes urbanas, consideraram-se as áreas verdes (parques, praças, passeios verdes, canteiros centrais, loteamento desocupados, entre outros), as áreas urbanas e a Lagoa da Pampulha. As áreas verdes foram identificadas a partir das unidades de conservação (*shapefile* Vegetado\_UC), da Serra do Curral (*shapefile* Vegetado\_Serra\_Tombada), dos parques municipais (*shapefile* Vegetado\_Parques\_Municipais) e das áreas do Programa BH Verde com mais de 40% de permeabilidade (*shapefile* Vegetado\_BH\_Verde\_40\_100). Em complemento, outras áreas verdes significantes foram localizadas a partir das bandas 3, 4 e 5 de uma imagem TM/Landsat 5, através do método da Máxima Verossimilhança no Programa Spring, no âmbito da monografia de Guimarães (2010). Todos esses dados foram disponibilizados pela Gerência de Sistemas de Informações Ambientais (GESIA) da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) em 2011.

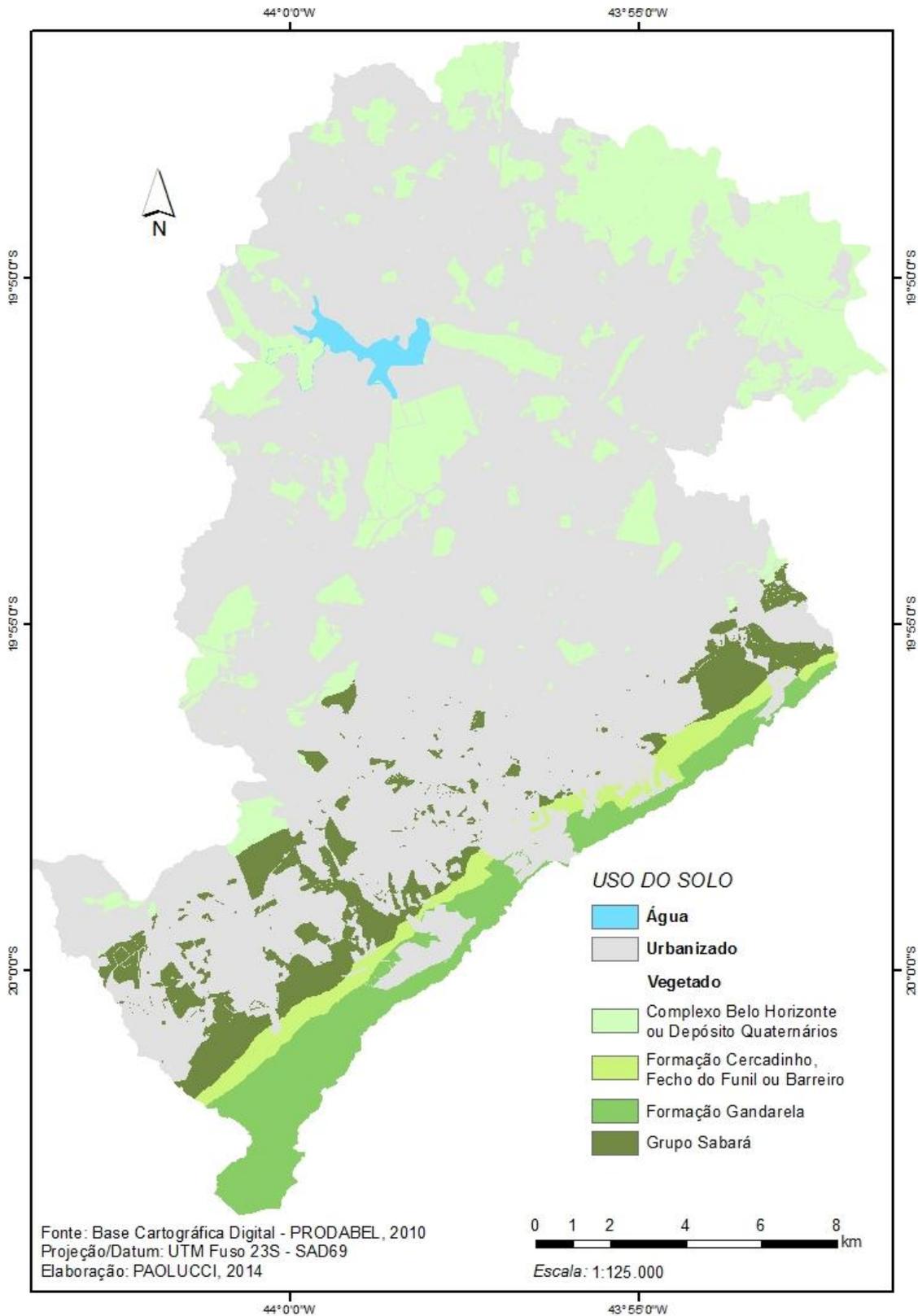
Os polígonos de áreas verdes foram correlacionados com sua respectiva geologia (*shapefile* Geologia). Conforme Parizzi (2004), o Complexo BH e Depósitos Quaternários abrangem o domínio do embasamento gnáissico de idade arqueana (Complexo Belo Horizonte), além de depósito aluvial, canga e colúvio laterizado. Na porção sul até a porção central encontram-se uma sucessão de rochas paleoproterozóicas metassedimentares (subordinadamente metavulcânicas), integrantes dos grupos Sabará (xistos e filitos), Piracicaba e Itabira. O grupo Piracicaba é representado no município pelas Formações Cercadinho (quartzitos alterados com filitos preteados), Fecho do Funil (filitos) e Barreiro (filitos carbonatos), enquanto a formação o Grupo Itabira abrange a formação Gandarela (filitos dolomíticos e dolomitos).

Para a presente pesquisa, a Geologia foi recortada no limite do município, dissolvido e dividido em quatro agrupamentos de unidades geológicas, determinados segundo os valores adotados por Reis (2011) na reclassificação dos substratos litológicos das áreas verdes urbanas para a análise multicritério. Após recorte do *shapefile* Vegetado no limite territorial de cada agrupamento de unidades geológicas, uniram-se aos Lagos e Urbanizado na criação do *shapefile* Uso\_Solo. Em seguida, foi necessária a criação de um novo campo na tabela de atributos para codificar as diferentes áreas:

- Lago ou Leito Natural (1);
- Área Verde do Complexo BH ou Depósito Quaternário (2);
- Área Verde da Formação Cercadinho, Fecho do Funil ou Barreiro (3);
- Área Verde da Formação Gandarela (4);
- Área Verde do Grupo Sabará (5);
- Área Urbana (6).

Por último, essas diferentes áreas (ou polígonos) foram transformadas em imagem *raster* com resolução espacial de 30 metros, por meio da ferramenta *Conversion Tools > To Raster > Feature to Raster*. Conforme a Figura 3, as áreas urbanas correspondem a aproximadamente 75% da área de todo o município. Não há dúvida que a diminuição das áreas verdes, com a impermeabilização do solo, a retificação de cursos d'água e o adensamento das edificações para atender um montante populacional que chegou a 2.375.444 habitantes no último censo demográfico de 2010, aumentam susceptibilidade à formação de enxurradas em Belo Horizonte. Ressalta-se que a impermeabilização do solo anula as características de permeabilidade da geologia da área e intensifica o processo de escoamento superficial, principalmente nas vertentes côncavas de maiores declividades. Cabe considerar, no entanto, que nem toda geologia apresenta alta permeabilidade do solo. É o caso do Grupo Sabará, que representa um pouco menos de 20% das áreas verde do município.

**Figura 3 - Mapa dos substratos litológicos das áreas verdes de Belo Horizonte**



## CAPÍTULO 2

### MAPEAMENTO DA SUSCEPTIBILIDADE À FORMAÇÃO DE ENXURRADAS

Este capítulo cumpre o segundo objetivo da pesquisa, que consiste na elaboração de um mapa síntese da susceptibilidade à formação de enxurradas no Município de Belo Horizonte, usando o cruzamento das imagens *raster* de declividade, curvatura e substratos litológicos das áreas verdes urbanas. Para tanto, as variáveis analisadas devem ser reclassificadas.

#### 2.1 Reclassificação das variáveis analisadas

A reclassificação das variáveis é fundamental para a validade do cruzamento das variáveis, tornando-se possível no *software* ArcGIS por meio da ferramenta *Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*. No caso da declividade, da curvatura e dos substratos litológicos das áreas verdes urbanas, esses novos valores de 0 a 10 de acordo com a importância para a formação de enxurradas foram baseadas no estudo de Reis (2011).

A autora (p. 39) adotou os valores de declividade mencionados na Tabela 1,

de acordo com a descrição de Guimarães (2008), que afirma que um solo de baixa declividade apresenta escoamento com baixa velocidade e, conseqüentemente, a capacidade de transporte fica limitada à vazão de escoamento. Além disso, as enxurradas, como relatado na revisão bibliográfica, são características de chuvas intensas e concentradas e de escoamento rápido e intenso.

**Tabela 1 - Valores adotados para reclassificação da declividade**

Declividade		Valores adotados
Em graus	Percentual	
0 – 3	0 – 5	2
4 – 6	6 – 10	4
7 – 17	11 – 30	6
18 – 25	31 – 47	8
> 26	> 48	10

Fonte: Reis, 2011.

A mesma autora (p. 39) adotou os valores de curvatura na Tabela 2,

conforme Stabile & Veira (2008), que consideraram valores negativos como côncava, positivo como convexo e valores próximos de zero como curvatura retilínea. Estas valorações também foram utilizadas por Moreira *et al.* (1998), que descrevem que quando uma vertente apresenta seus ângulos de declividade constante, têm uma curvatura retilínea, quando os ângulos aumentam continuamente para baixo, têm uma curvatura positiva (convexa) e, finalmente, quando ocorre dos ângulos decrescerem para baixo têm uma curvatura negativa (côncava).

**Tabela 2 - Valores adotados para reclassificação da curvatura**

Superfície de curvatura (°/m)		Valores adotados
Convexo	< -0,08	1
Plano	-0,08 – 0,08	6
Côncavo	> 0,08	10

Fonte: Reis, 2011.

Conforme a Tabela 3, que apresenta a reclassificação dos valores dos substratos litológicos das áreas verdes urbanas, a água foi representada pelo 0 devido à impossibilidade de ocorrência de enxurradas em lagos ou leitos naturais. Ao oposto, o valor mais alto (10) foi atribuído às áreas urbanas que representam total impermeabilização devido à presença de vias pavimentadas e edifícios.

Entretanto, Reis (2011, p. 40) determinou valores para cada tipo litológico de acordo com sua característica de permeabilidade descrita por Silva *et al.* (1995). O Complexo Belo Horizonte, os depósitos quaternários e as Formações Cercadinho, Fecho do Funil, Barreiro e Gandarela apresentam áreas de melhor permeabilidade em Belo Horizonte. Para tanto, esses tipos de lithologia receberam uma reclassificação dos seus valores entre 3 e 5. Já que o Grupo Sabará constituído de xistos e filitos representa uma área mais impermeável quando comparada com as demais geologias dentro do município, o valor 7 lhe foi atribuído.

**Tabela 3 - Valores adotados para reclassificação dos substratos litológicos das áreas verdes urbanas**

Características do solo		Codificação	Valores adotados
Lagos ou leitos naturais		1	0
Geologia das áreas verdes	Complexo BH e Depósito Quaternários	2	3
	Formações Cercadinho, Fecho do Funil e Barreiro	3	4
	Formação Gandarela	4	5
	Grupo Sabará	5	7
Áreas urbanas		6	10

Fonte: Reis, 2011.

### 2.3 Modelo prospectivo usando o método booleano

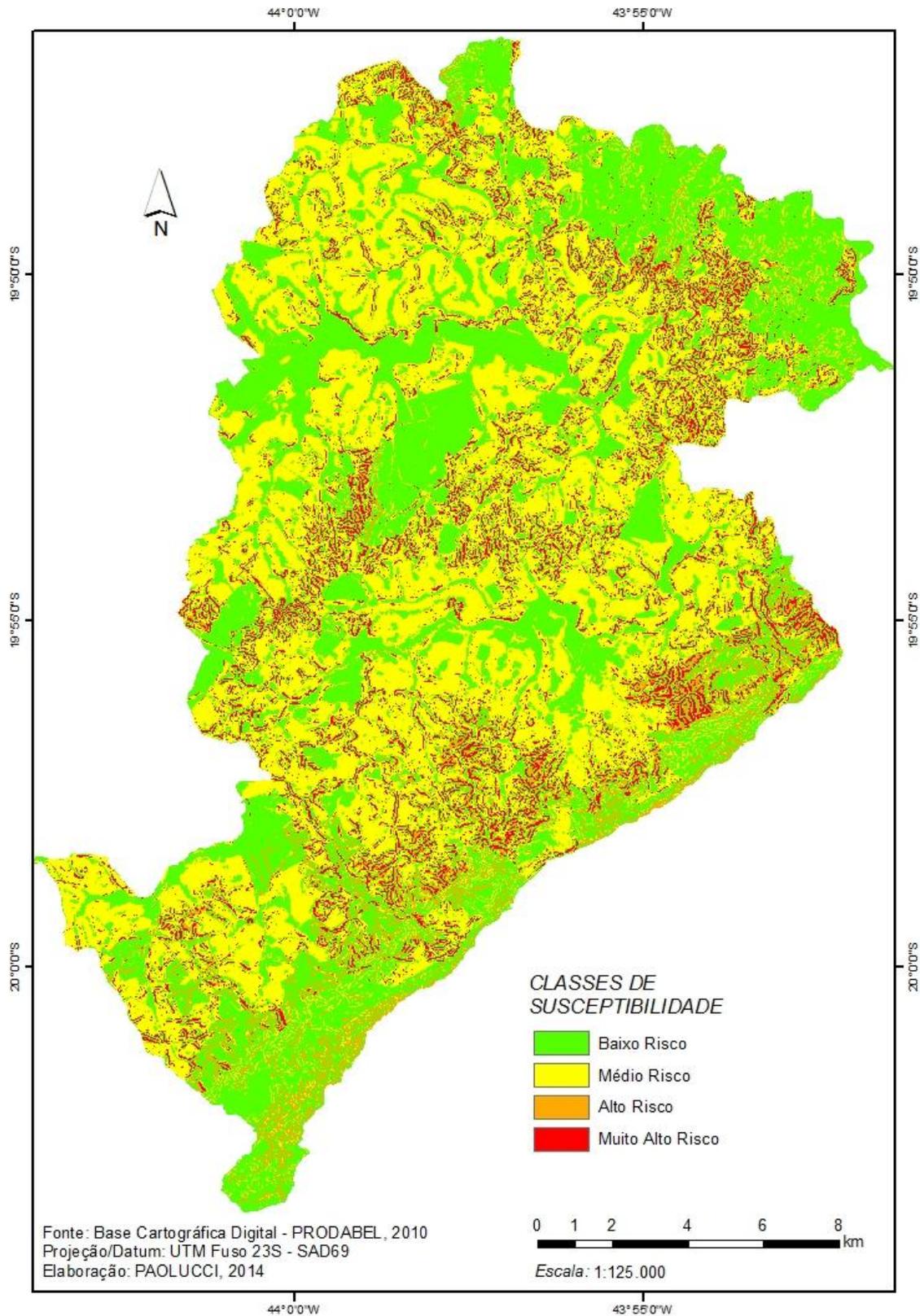
A álgebra de mapas proposta por Reis (2011) é a equação de soma, obtendo como resultado um mapa síntese dos três mapas intermediários. Utilizou-se a ferramenta *Spatial Analyst Tools > Overlay > Weighted Overlay* do software ArcGIS. A estratégia proposta pondera igualmente e redimensiona as três imagens *raster* segundo uma escala de 1 a 10 (10 sendo o valor mais pertinente). No entanto, cabe considerar outros métodos de análise multicritério que possibilita a ponderação desigual das variáveis.

Conforme a Tabela 4, o mapa resultante do processo de álgebra foi reclassificado com quatro classes de análise, segundo o método manual, de modo a observar uma predominância dos locais de baixo e médio risco em relação aqueles de muito alto risco. A análise dos critérios de susceptibilidade às enxurradas em Belo Horizonte resultou no modelo prospectivo apresentado na Figura 4.

**Tabela 4 - Classes de susceptibilidade à formação de enxurradas**

Valores reclassificados	Classes de susceptibilidade
0 – 6	Baixo risco
6 – 7	Médio risco
7 – 8	Alto risco
8 - 10	Muito alto risco

Fonte: PAOLUCCI, 2014.

**Figura 4 - Mapa síntese da susceptibilidade à formação de enxurradas em Belo Horizonte**

## CAPÍTULO 3

### MAPEAMENTO DOS TRECHOS SUSCEPTÍVEIS ÀS ENXURRADAS

Este capítulo cumpre o terceiro objetivo da pesquisa, que consiste na elaboração da Carta de Enxurradas de Belo Horizonte, mapeada na escala do município (1:125.000). Para maiores esclarecimentos e na intenção de apontar as possibilidades que oferecem a metodologia proposta nesta pesquisa, essa carta foi reproduzida nas escalas das regiões administrativas (1:40.000 a 1:65.000) e de um dos bairros populares (1:7.500 a 1:10.000). Para tanto, foi necessário encontrar a melhor forma de representar os locais de maior risco de enxurradas.

#### 3.1 Atribuição das informações de superfície

As inundações, enchentes e alagamentos são responsáveis pela acumulação da chuva nos cursos d'água ou em outros locais da cidade, razão pela qual eles são geralmente ilustrados por manchas de inundação. Estas não são representativas das enxurradas, definidas como escoamentos superficiais concentrados e com alta energia de transporte (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). Na cidade, estas últimas podem ou não ser associadas às áreas de domínio dos processos fluviais, mas, sobretudo, são direcionadas pelas ruas. Sendo assim, propõe-se o mapeamento da susceptibilidade à formação de enxurradas por trecho de rua.

Para atribuir entidades com informações espaciais proveniente de uma superfície, a versão 10 do *software* ArcGIS possui a ferramenta *3D Analyst Tools > Funcional Surface > Add Surface Information*. Nela, foram selecionadas as Vias Públicas como entidades e o modelo prospectivo de enxurradas como superfície 3D. Resultou-se na inserção de novos campos na tabela de atributos das Vias Públicas. Dentre eles, *Z\_MEAN* que representa geralmente a altitude média no comprimento da linha coincidiu com a média entre os valores reclassificados mais baixo e mais alto no comprimento da linha. A Figura 5 comprova a validade da ferramenta de atribuição das informações de superfície para ilustrar o risco de enxurradas por trecho de rua.

**Figura 5 - Comparação da classificação de risco de enxurradas entre os pixels do modelo prospectivo e os trechos de rua**



### 3.2 Elaboração de mapas

A interpretação de que “o escoamento superficial nas áreas urbanas é um forte condicionante das inundações, enchentes e alagamentos” (Reis, 2011, p. 75) torna premente a retomada da maioria dos dados da Carta de inundações de Belo Horizonte. Um deles são os cursos d’água (*shapefile* Cursos\_d’água) que caracterizam uma rede complexa de ribeirões e córregos. O arquivo disponível na SUDECAP possui uma tabela de atributos que indica sim (S) ou não (N) nos campos LEITONAT, CANALAB e CANALFECH. Nele, foi criado um novo campo para adotar a classificação do Órgão em 2009:

- Curso d’água em Leito Natural se está em leito natural e considerado como principal;
- Curso d’água Canalizado Aberto se a canalização deste for a céu aberto;
- Curso d’água Canalizado Fechado se a canalização deste for coberta;
- Curso d’água Canalizado em Seção Tubular se este não possui nenhuma especificação;
- Curso d’água Não Cadastrado se está em leito natural sem ser considerado como principal.

As manchas de inundação (*shapefile* Manchas\_Inundação) são o resultado de estudos de modelagem hidrológica e hidráulica realizados pela SUDECAP em 2009, permitindo maior conhecimento das bacias hidrográficas da cidade e possibilitando a identificação de trechos críticos ou sujeitos às ocorrências de inundações. Essas manchas foram disponibilizadas em agrupamento de *shapefiles* de diferentes geometrias, arquivados por regional. A partir deles,

precisaram-se unir os *shapefiles* de linhas de todas as regionais do município, fazer a conversão geométrica para obter polígonos, gerar uma zona tampão de um metro e suavizá-los com uma tolerância máxima de cinco.

Por último, foi preciso ilustrar as áreas verdes (*shapefile* Uso\_Solo\_2014) consideradas na presente pesquisa, além das vias (*shapefile* Vias\_Públicas), as quadras (*shapefile* Quadras), o limite das regiões administrativas (*shapefile* Limite\_Regional) e os bairros populares, que pertencem à base cartográfica da PRODABEL. As Regiões Administrativas foram atualizadas de acordo com a nova delimitação dada pela Lei nº 10.231 de 2011. São um total de nove regionais, sendo elas: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova. O limite dos 486 bairros, por sua vez, foi atualizado de acordo com a delimitação dada pela Lei nº 9.691 de 2010 para o Censo Demográfico do mesmo ano. Cabe considerar que o Bairro Cruzeiro foi o único mapeado nesta pesquisa.

Os dados presentes na Carta de inundações de Belo Horizonte, conforme sua representação em diversas escalas nos Anexos A, B e C, favorecem a contextualização das enxurradas no Município.

#### *Carta de Enxurradas na escala do município*

Os dados ilustrados na Carta de Enxurradas de Belo Horizonte na escala do município são os trechos de ruas classificados de baixo a muito alto risco, as quadras, as manchas de inundação, os cursos d'água, a Lagoa da Pampulha e os limites da divisa regional com a atribuição do nome das respectivas regiões administrativas. Contam-se 6,4% dos trechos de rua com maior susceptibilidade às enxurradas, representando aproximadamente 230 km de distância. A regional com maior proporção de trechos críticos é a Centro-Sul. Ao oposto, as Regionais Norte, Pampulha e Venda Nova são aqueles menos susceptíveis às enxurradas.

#### *Carta de Enxurradas na escala das regiões administrativas*

A Carta de enxurradas com recorte em cada uma das nove regiões administrativas retomam os dados anteriores, acrescentando a localização das vilas e favelas. Ao observar os mapas no Anexo B, percebe-se a correlação entre as vilas e favelas e as áreas de muito alto risco de enxurradas. Além disso, ilustrou-se o nome dos bairros populares (apenas aqueles que

aparecem sem ultrapassar o polígono) por meio da ferramenta *Layers Properties...* > *Data Frame* > *Clip to Shape*. No caso da publicação de uma eventual base cartográfica das enxurradas de Belo Horizonte, organizada por mapas dos bairros na escala 1:7.500 ou 1:10.000 e exportada no formato de uma folha A4 (210mm x 297mm), sugere-se que alguns bairros sejam ilustrados em mais de um mapa, enquanto outros poderiam ser reunidos em um mesmo mapa.

#### *Carta de Enxurradas na escala de um bairro*

A Carta de enxurradas na escala local possuem os mesmos dados mencionados para a escala das regiões administrativas, ilustrando ainda o nome dos bairros populares e, desta vez, acrescentando a tipologia e o nome das Vias Públicas. O emprego da carta de enxurradas por segmento de logradouros certamente auxiliará na política pública, limpeza urbana e estruturação de coleta de águas pluviais. Diferentemente das cartas dos demais recortes territoriais, todos os trechos de rua são ilustrados de acordo com sua classe de susceptibilidade às enxurradas. No Cruzeiro, escolhido como exemplo na presente pesquisa, muitos trechos de rua são críticos à ocorrência de enxurradas, sendo dois deles considerados de muito alto risco (Rua Prata e Rua Jornalista Jair Silva). Seu valor é de respectivamente 8,1/10 e 8,2/10, devido à sua localização em área urbana com vertente altamente íngreme e convexa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desta monografia foi elaborar uma metodologia para o mapeamento do risco de enxurradas no Município. Para tanto, fez-se necessário descrever o procedimento da elaboração dos três mapas bases para a realização da análise multicritério, sendo eles: declividade, curvatura e uso e ocupação de solo. Em seguida, foram apresentadas as etapas do mapeamento da susceptibilidade à formação de enxurradas em quatro classes de risco e da realização de uma Carta de Enxurradas de Belo Horizonte, destacando os trechos de ruas com maior susceptibilidade.

O uso de uma carta como essa certamente aumentará a capacidade operativa em termos de tempos de intervenção e de qualidade das decisões. Os pesquisadores e técnicos passarão a dispor de mais conhecimentos sobre a determinada área. Traz maior eficácia por permitir uma profundidade de análise que normalmente não é possível com as ferramentas atuais. Também permite o desenho mais adequado de políticas públicas, proporcionando maior eficiência da gestão de riscos decorrente da chuva, principalmente aqueles relacionados às enxurradas.

A Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) pode, eventualmente, usar tal ferramenta para a formação de novos Núcleos de Chuvas (NACs) e Núcleo de Defesa Civil (NUDECs), grupos de voluntários que vivem ou trabalham próximo às áreas mais críticas à chuva forte. Esses grupos também foram capacitados respectivamente pela equipe da Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (URBEL) e do Programa DRENURBS, integrante à Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP), para receber e repassar alerta da PBH aos outros moradores, além de informá-los sobre locais de abrigo e rotas de fuga.

Outras utilidades a esta ferramenta são a escolha de localização estratégica para a execução de poços e trincheiras de infiltração, a preservação de áreas verdes, o aumento de praças públicas e parque municipais, assim como a instalação de mais placas para informar a população das áreas mais críticas em caso de chuva forte.

Enfim, cabe considerar que o mapeamento dessas áreas possibilita eventual produção de mapas falados, que traduzem a realidade local a partir da experiência vivida, representando as áreas de enxurradas maiores do que aquelas identificadas pelas técnicas de geoprocessamento

e eliminando outras que não são áreas construídas (ocupação por moradias ou infraestruturas urbanas). Os mapas falados são produzidos a partir da localização das ocorrências de acidentes (local e data), relacionando-os às características do terreno (declividade, curvatura, geologia e permeabilidade do solo) e presença de poços e trincheiras de infiltração de águas pluviais e escoamento superficial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GUIMARÃES, L. J. R. **Levantamento das áreas potenciais ao assoreamento da barragem Piraquara I**. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, 2008.
- GUIMARÃES, C. R. **Evolução e Índice de Proteção das Áreas Vegetadas de Belo Horizonte**. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- IBGE. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010.
- INPE. **Topodata**: Banco de dados geomorfológicos do Brasil. São José dos Campos: 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/aceso.php>>. Acesso em: 18 Ago. 2014.
- MONTE-MÓR, Roberto Luís de Melo. Urbanização extensiva e lógica de povoamento: um olhar ambiental. In: SANTOS, Milton; SOUZA, Maria Adélia Aparecida de; SILVEIRA, Maria Laura. **Território**: globalização e fragmentação. São Paulo: Hucitec; Florianópolis: ANPUR, 1994, p. 169-181.
- MOREIRA *et al.* Inferência geográfica e suporte à decisão. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à Ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- PAOLUCCI, Cindy Olivier. **Risco hidrometeorológico no Município de Belo Horizonte: eficiências e deficiências desde os anos 1990**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- PARIZZI, Maria Giovana. **Condicionantes e mecanismos de rupturas em taludes da Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG**. Tese (Doutorado em Geologia)- Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2004, 213 p.
- PBH. SUDECAP. **Carta de inundações de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2009.
- \_\_\_\_\_. **URBEL. Diagnóstico da situação de risco geológico das vilas, favelas e conjuntos habitacionais de Belo Horizonte, 2009**. Belo Horizonte, 2009, 69 p.
- \_\_\_\_\_. **Prodabel (PBH/PRODABEL). Base interGeo da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2010.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 9.691 de 19 de janeiro de 2009**. Dispõe sobre identificação de próprio público, de passagem, de bairro, de distrito e de imóvel urbano e dá outras providências. Belo Horizonte, 2011.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 10.231 de 19 de julho de 2011**. Dispõe sobre a circunscrição das regiões administrativas do Município. Belo Horizonte, 2011.
- REIS, Patrícia Elizamma. **O escoamento superficial como condicionante de inundação em Belo Horizonte, MG**: estudo de caso da sub-bacia córrego do Leitão, bacia do ribeirão

Arrudas. Dissertação (Mestrado em Geologia) –Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

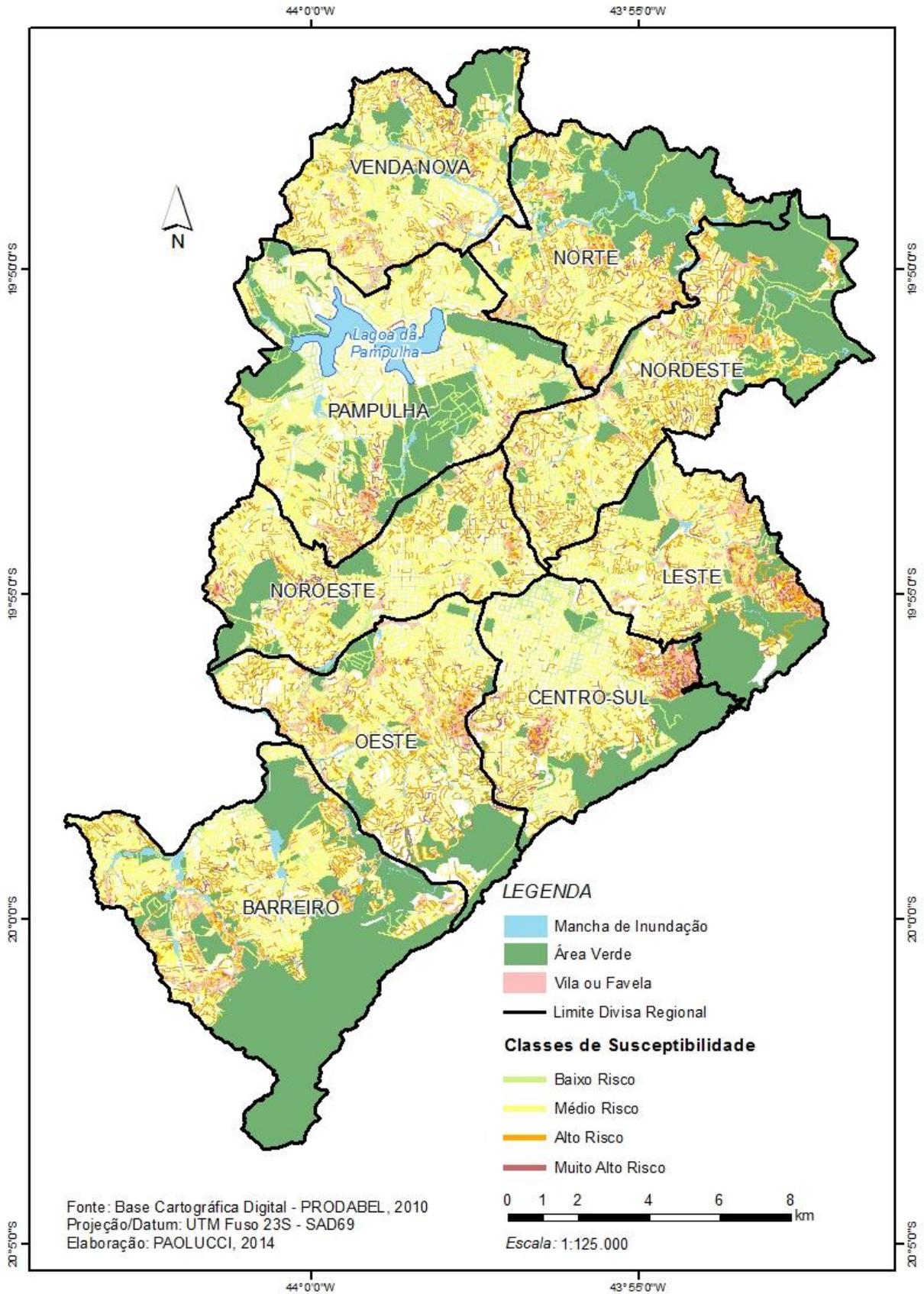
SILVA, A. S. *et al.* **Estudos Geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no Município de Belo Horizonte.** Belo Horizonte: PBH, FUNDEP, UFMG/IGC 1995, 150 p.

STABILE, R. A.; VIEIRA, B. C. 2008. **O papel do ângulo da encosta e da forma das vertentes na distribuição das feições erosivas da bacia Água da Faca, Piratininga (SP).** In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13, 2009, Viçosa. Anais eletrônicos... Viçosa, 2009.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009, 196 p.

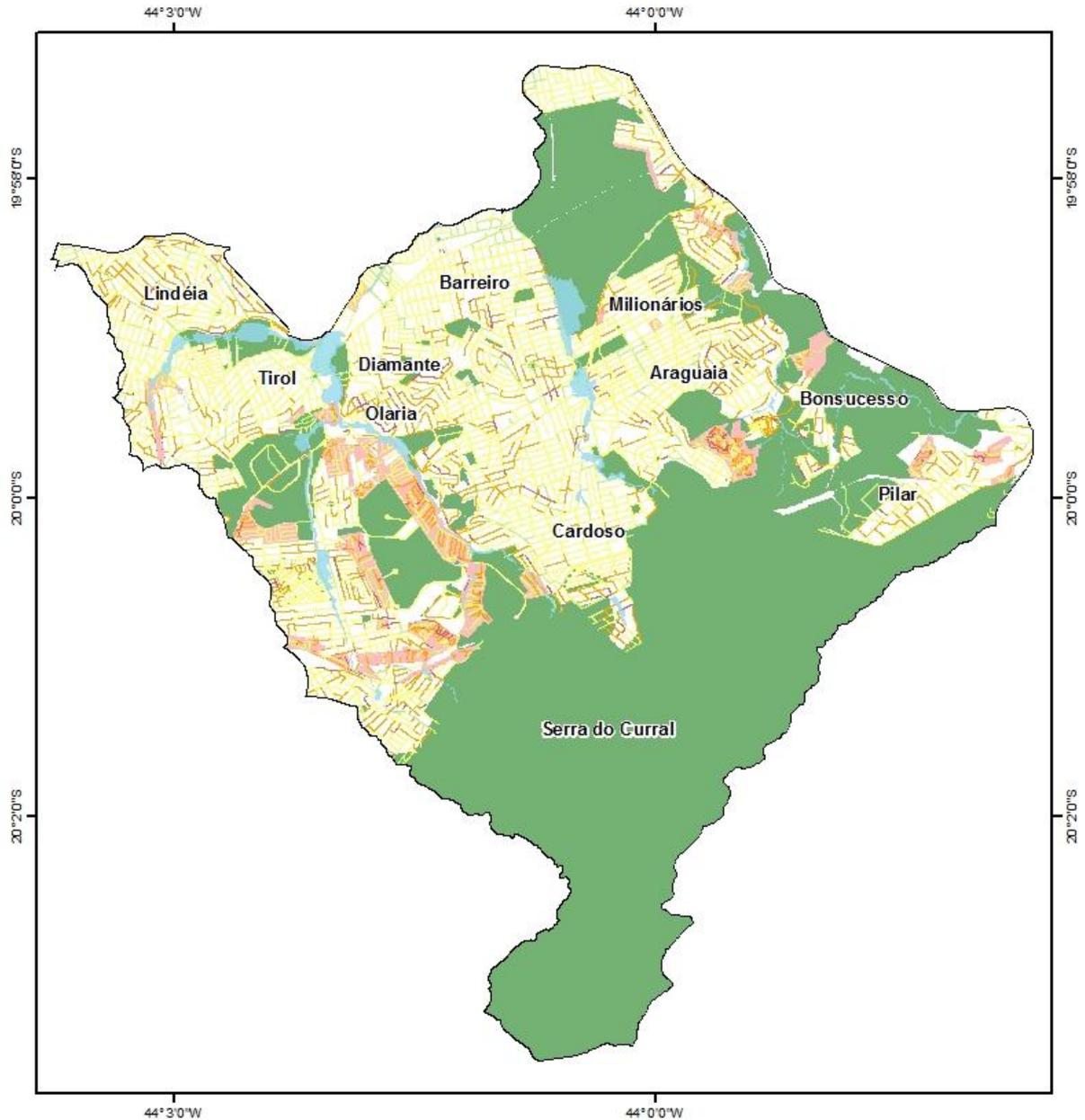
# **ANEXO A**

# CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS



## **ANEXO B**

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL BARREIRO**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco

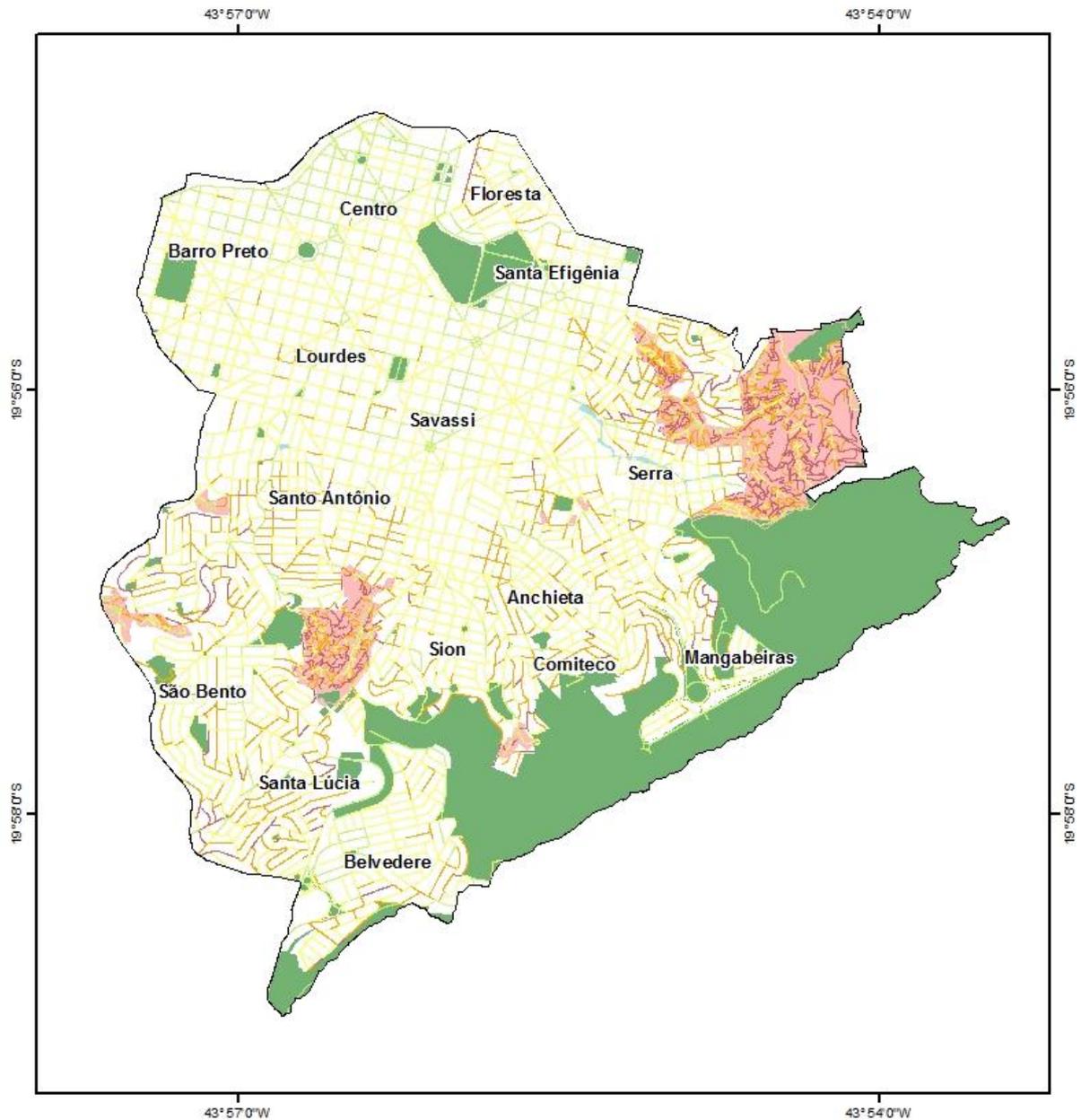


0 0,5 1 2 3  
km

Escala: 1:60.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL CENTRO-SUL**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

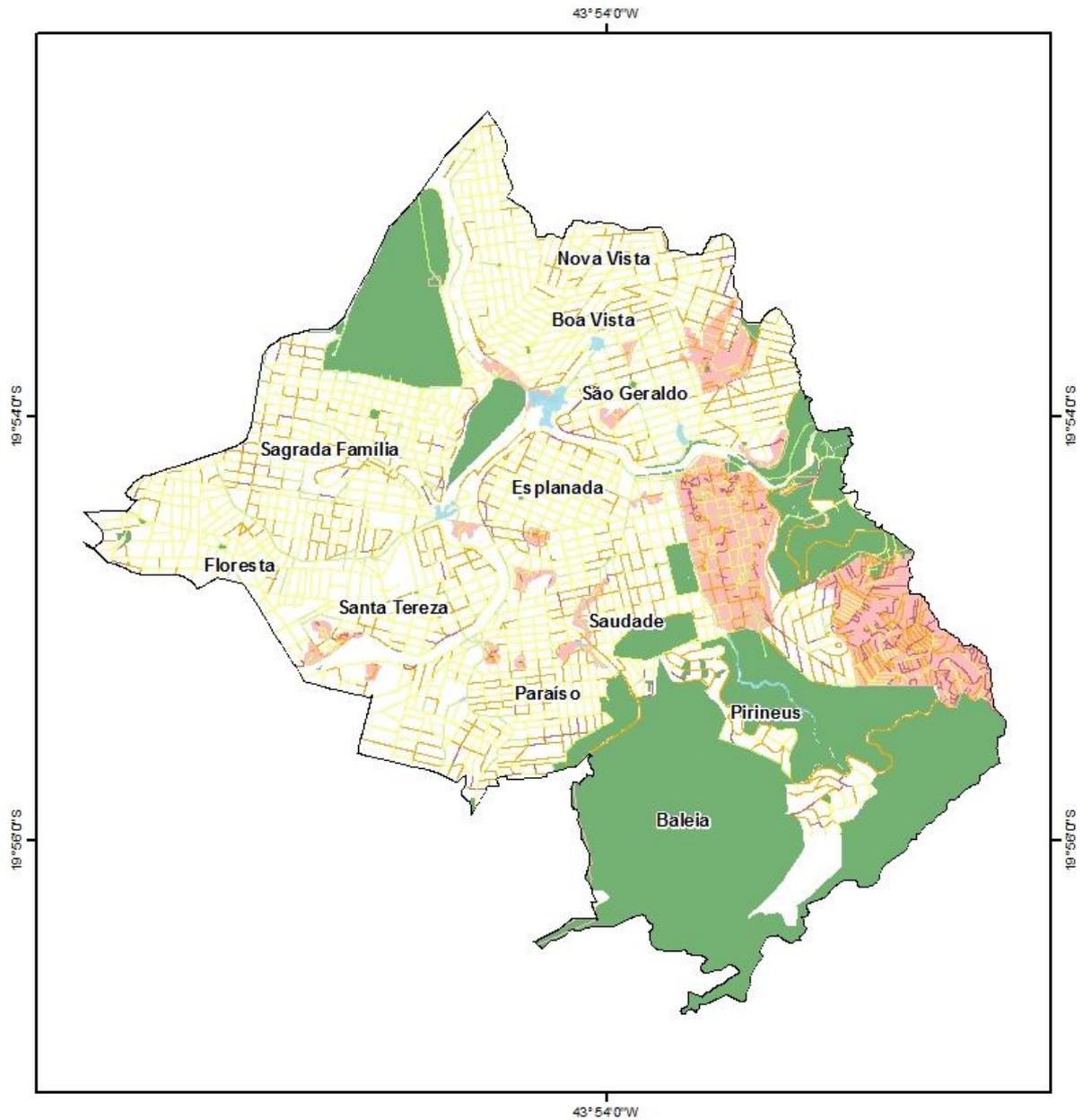
- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco



Escala: 1:45.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL LESTE**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

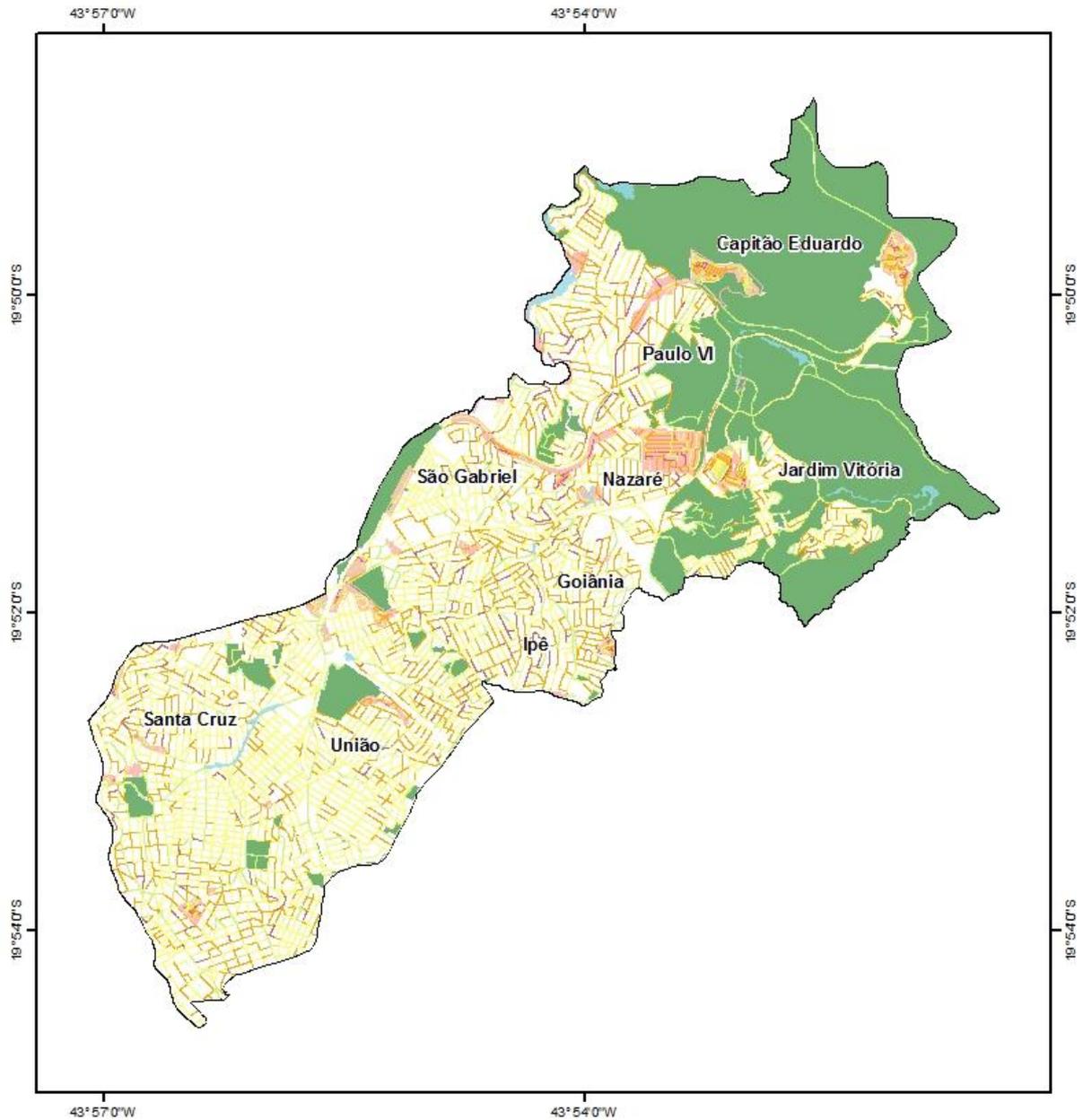
- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco



Escala: 1:45.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL NORDESTE**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco

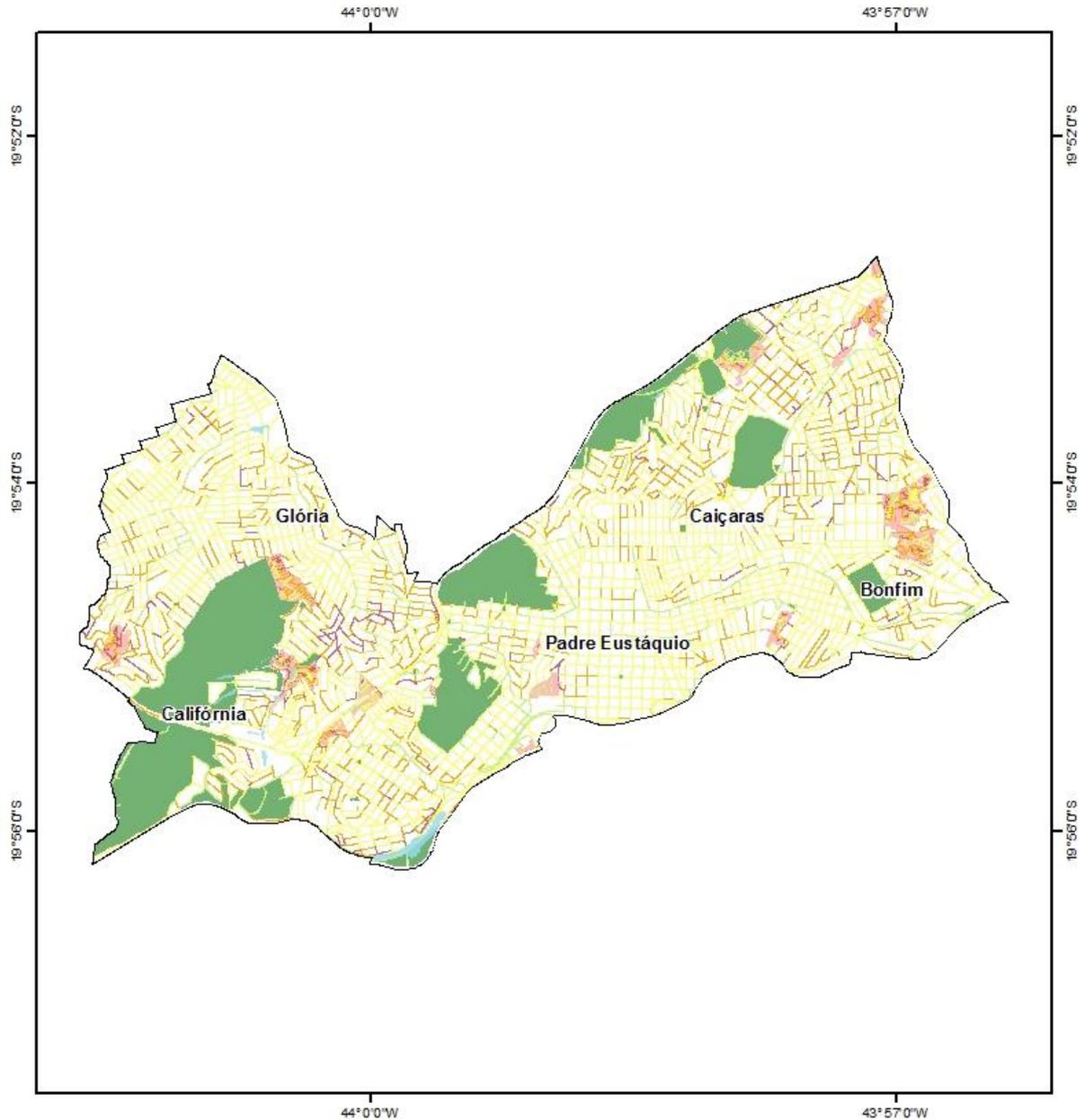


0 0,5 1 2 3 km

Escala: 1:60.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL NOROESTE**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

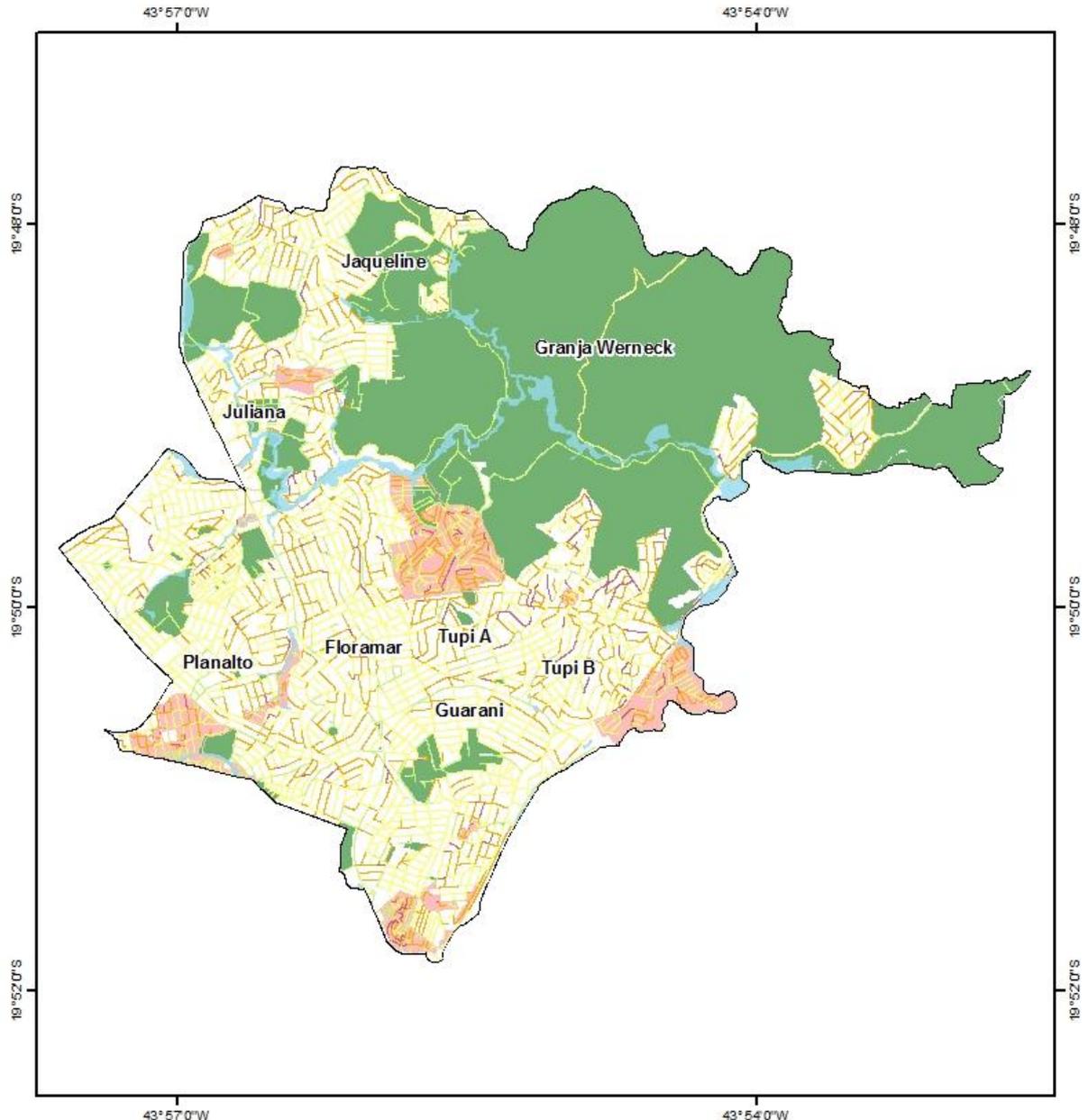
- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco



Escala: 1:55.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL NORTE**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

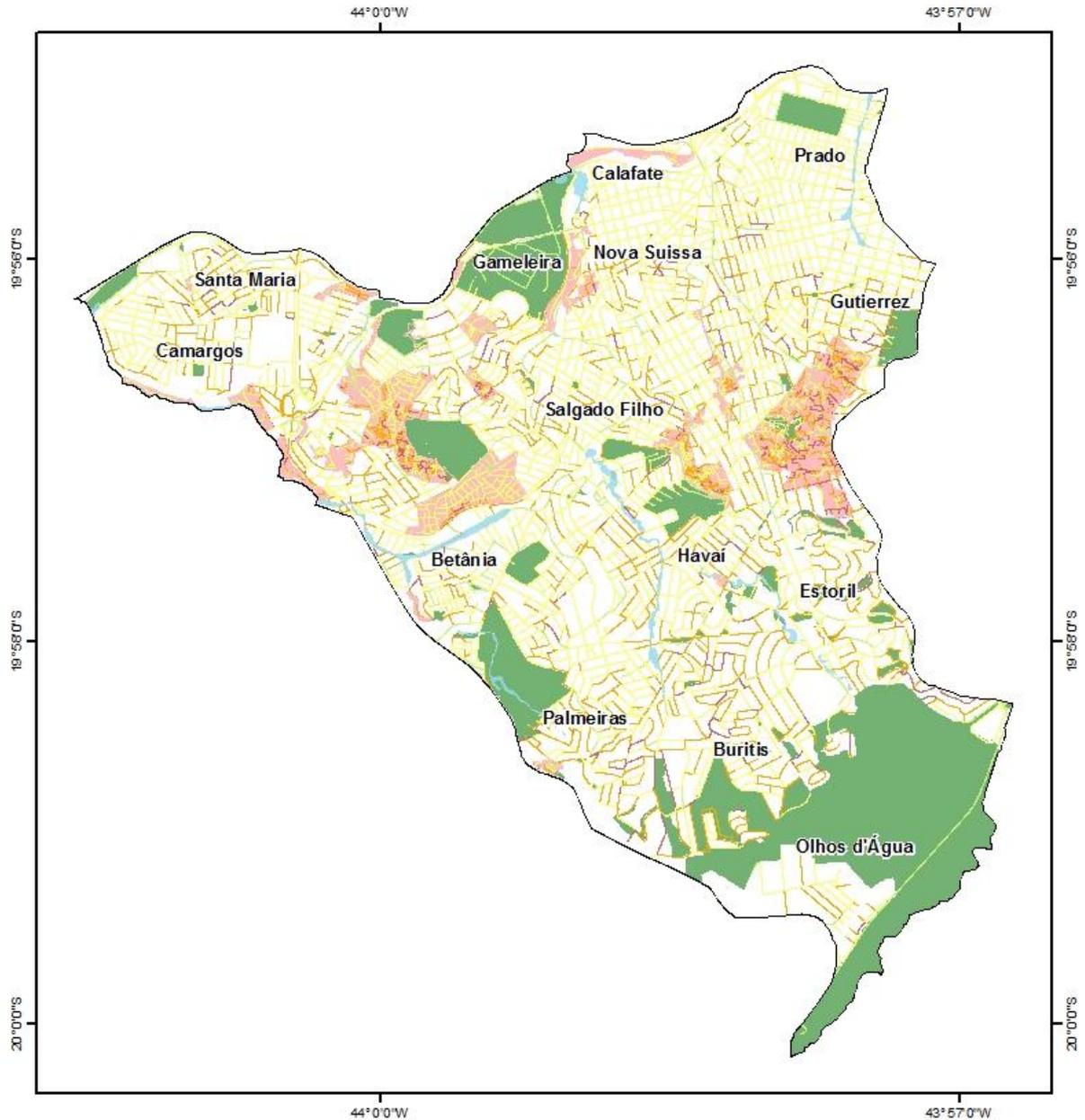
- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco



Escala: 1:50.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL OESTE**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

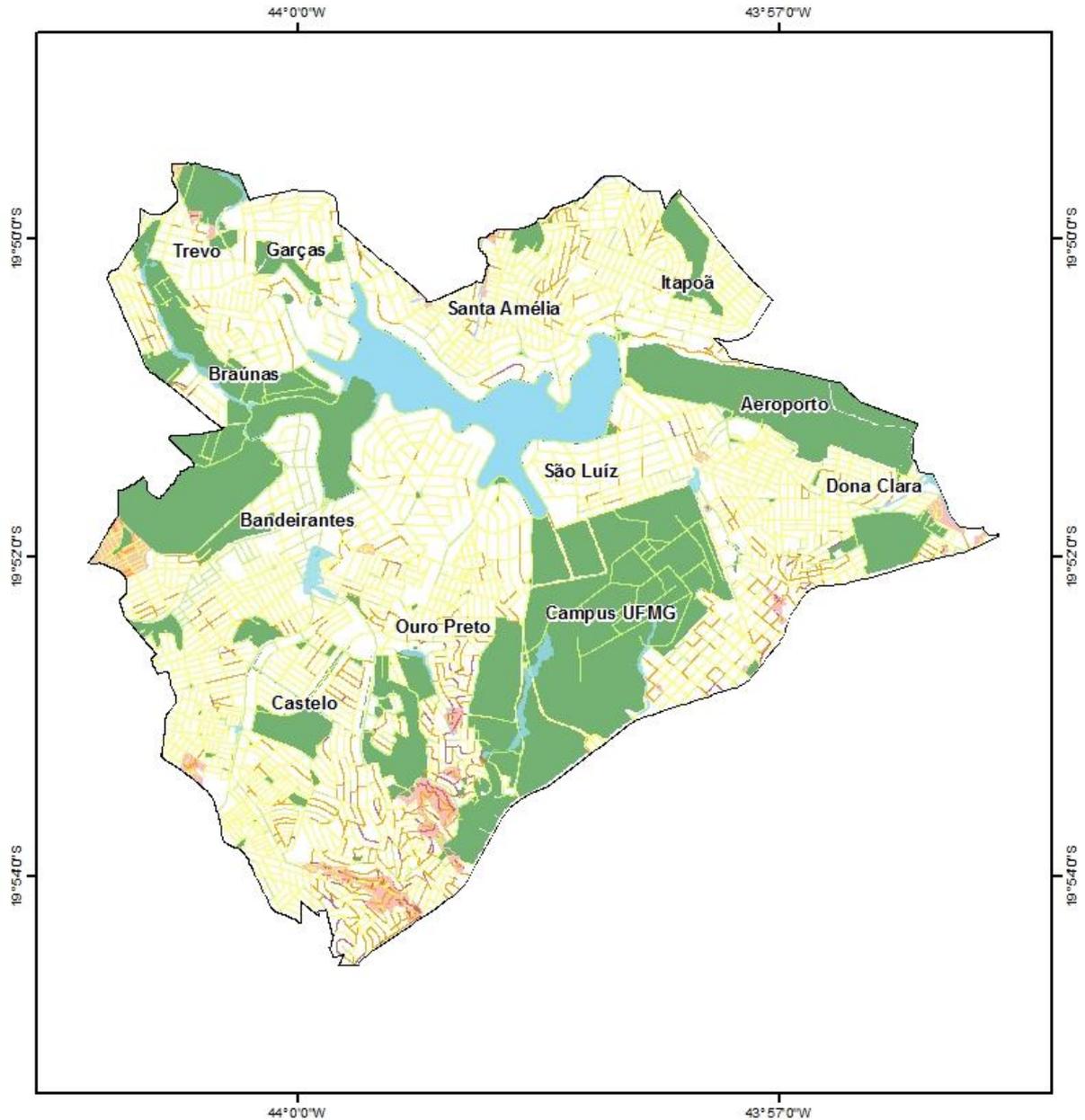
- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco



Escala: 1:50.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL PAMPULHA**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco

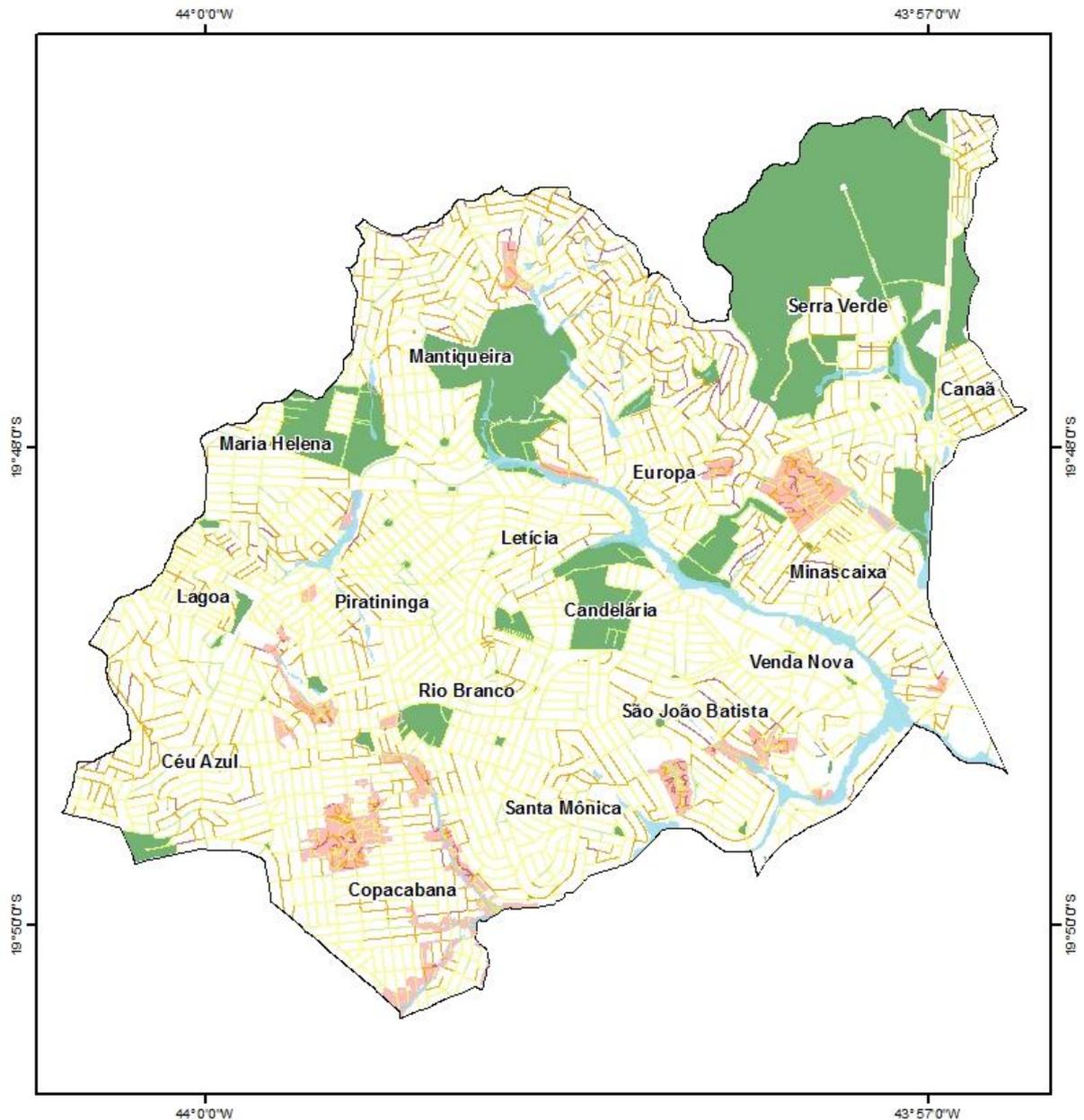


0 0,5 1 2 3 km

Escala: 1:60.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

**CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE**  
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS**  
**REGIONAL VENDA NOVA**



**LEGENDA**

- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Limite Divisa Regional

**Classes de Susceptibilidade**

- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco



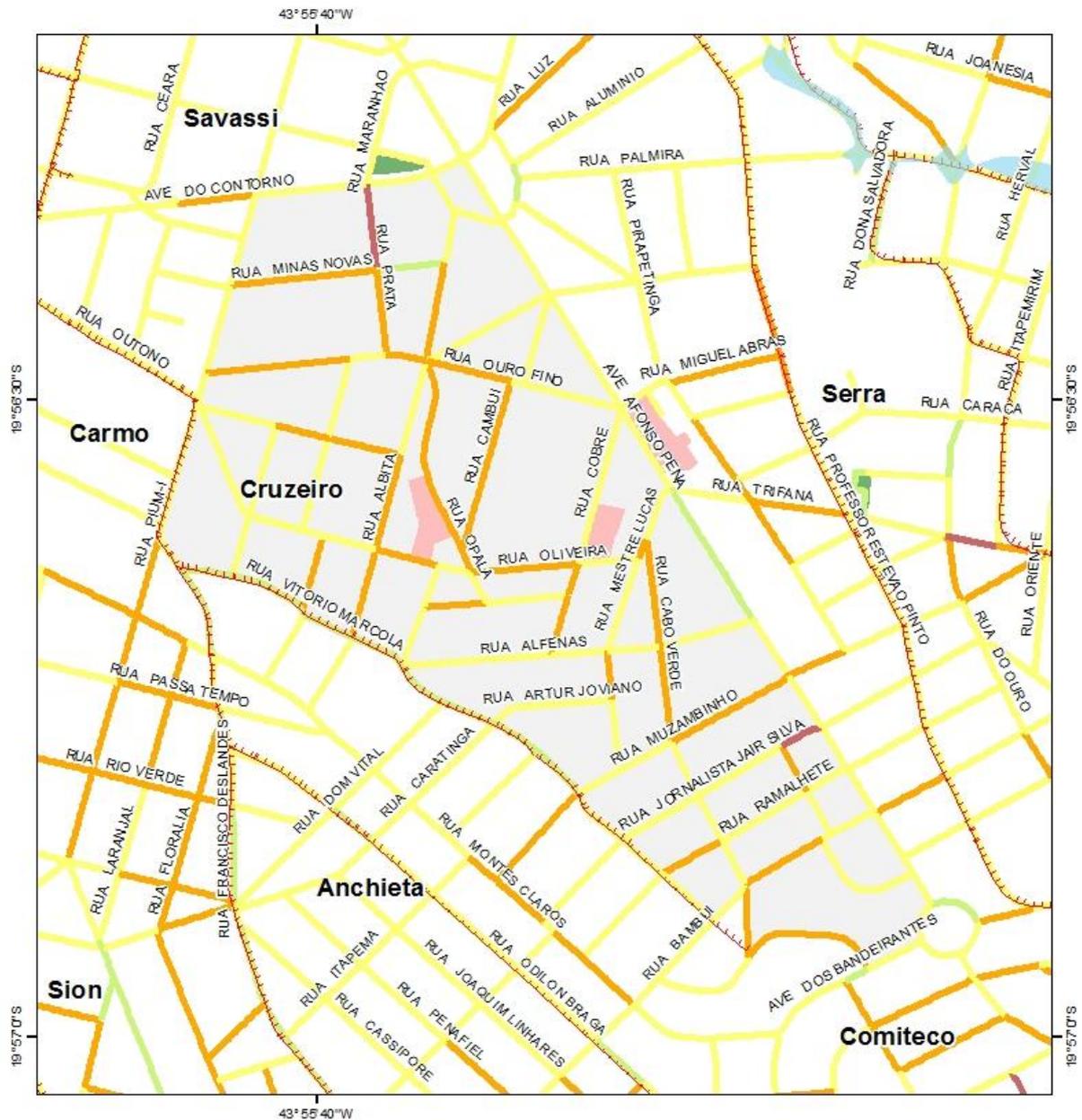
Escala: 1:40.000

Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
 Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
 Elaboração: PAOLUCCI, 2014

## **ANEXO C**

CARTA DE ENXURRADAS DE BELO HORIZONTE  
IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTÍVEIS

REGIONAL CENTRO-SUL - *Bairro Cruzeiro*



LEGENDA

- Bairro Cruzeiro
- Mancha de Inundação
- Área Verde
- Vila ou Favela
- Curso d'água em Leito Natural
- Curso d'água em Canalização Aberto
- Curso d'água em Canalização Fechado
- Curso d'água Canalizado em Seção Tubular
- Curso d'água Não Cadastrado

Classes de Susceptibilidade

- Baixo Risco
- Médio Risco
- Alto Risco
- Muito Alto Risco

0 50 100 200 300 400  
m

Escala: 1:7.500



Fonte: Base Cartográfica Digital - PRODABEL, 2010  
Projeção/Datum: UTM Fuso 23S - SAD69  
Elaboração: PAOLUCCI, 2014