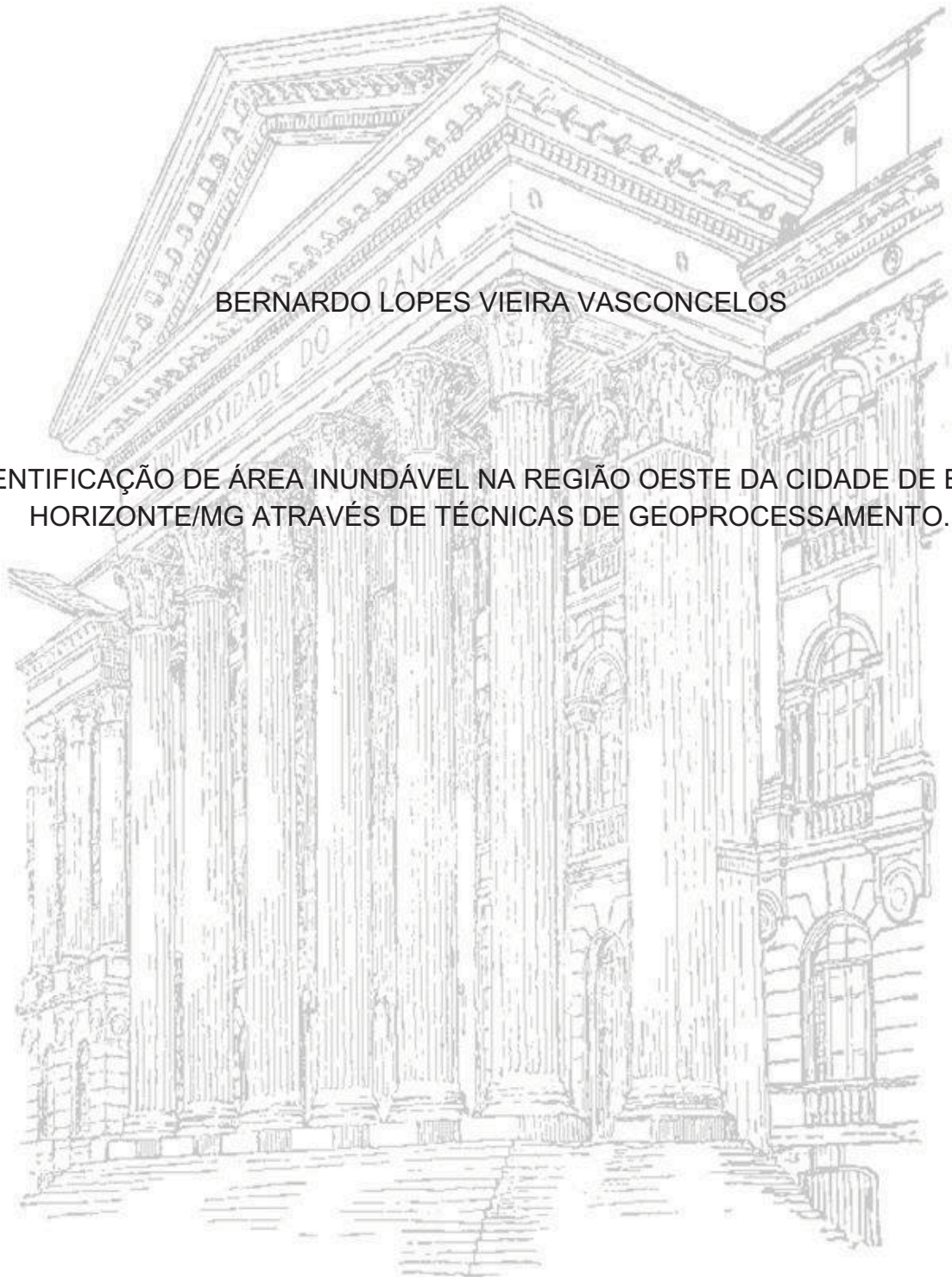


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BERNARDO LOPES VIEIRA VASCONCELOS

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREA INUNDÁVEL NA REGIÃO OESTE DA CIDADE DE BELO
HORIZONTE/MG ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO.



CURITIBA,
2018

BERNARDO LOPES VIEIRA VASCONCELOS

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREA INUNDÁVEL NA REGIÃO OESTE DA CIDADE DE
BELO HORIZONTE/MG ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO.

Trabalho apresentado como requisito parcial
à obtenção do grau de MBA em Gestão
Ambiental no curso de pós-graduação em
Gestão Ambiental, Departamento de
Economia Rural e Extensão, Setor de
Ciências Agrárias da Universidade Federal
do Paraná.

Orientadora: Bruna Nascimento de
Vasconcellos

CURITIBA, 2018

RESUMO

Desde a antiguidade até os tempos atuais, as inundações em cidades têm causado muitos estragos e complicações para a população urbana. Esse processo vem se intensificando ao longo dos últimos anos, principalmente por causa da urbanização das grandes cidades, que vêm crescendo cada vez mais. Uma das cidades que possui severas consequências das inundações é Belo Horizonte/MG, em especial a Região Oeste. Para isso, este trabalho tem o objetivo de identificar locais de maior risco nessa região, através do geoprocessamento. Para se obter o mapa de inundação da região oeste, foi necessário elaborar, preliminarmente, três mapas base, sendo altimetria, o uso do solo e a declividade da região. Eles foram elaborados através de um Sistema de Informação Geográfica. Após a produção desses três mapas, nomeados intermediários, suas informações foram somadas, após atribuições de pesos, resultando em um mapa final de inundação. Neste mapa, foi identificado que 14,53% da área possui risco elevado e 38,55% possui risco alto de se ocorrer inundação. Foram identificadas as áreas com maior risco, muitas coincidindo com avenidas e locais já bastante conhecidos pelas ocorrências de enchentes. Em comparação com outros trabalhos foi constatado que Belo Horizonte de fato possui muitos problemas com inundações, principalmente devido à grande urbanização da cidade. Desta forma, concluiu-se que o mapa elaborado é uma ferramenta bastante importante para o planejamento urbano, principalmente se utilizado juntamente com outros métodos.

Palavras-chave: inundação, planejamento urbano, Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

From antiquity to the present times, flooding in cities has caused many damage and complications for the population. This process has been intensifying over the last few years, mainly because of the urbanization of large cities, which are growing more and more. One of the cities that has severe consequences of the floods is Belo Horizonte/MG, especially the Western Region. Therefore, this work has the objective of identifying risky places in this region, through geoprocessing. In order to obtain the flood map of the Western Region, it was necessary to prepare three flood risk maps, considering altimetry, land use and slope of the region. They were elaborated through Geographic Information System. After the production of these three maps, called intermediaries, their information was added after weight attributions, resulting in a final flood map. In this map, it was identified that 14.53% of the area is at elevated risk and 38.55% is at high risk of flooding. In addition, the areas with the highest risk were identified, many coinciding with avenues and places already well known for the occurrence of floods. In comparison with other works, it was verified that Belo Horizonte has in fact many problems with floods, mainly due to the great urbanization of the city. In this way, it was concluded that the map elaborated is a very important tool for urban planning, principally when used along with other methods.

Keywords: flood, urban planning, geographic information system.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Leitões dos cursos d’água	12
FIGURA 2 - Região Oeste de Belo Horizonte	15
FIGURA 3 - Gráfico com precipitação e temperaturas médias mensais de Belo Horizonte	16
FIGURA 4 - Mapa de susceptibilidade a inundação da Região Oeste de Belo Horizonte quanto à altimetria.....	22
FIGURA 5 - Mapa de susceptibilidade a inundação da Região Oeste de Belo Horizonte quanto à declividade	23
FIGURA 6 - Mapa de susceptibilidade a inundação da Região Oeste de Belo Horizonte quanto ao uso do solo.....	24
FIGURA 7 - Mapa de susceptibilidade a inundação da Região Oeste de Belo Horizonte	26
FIGURA 8 - Mapa de susceptibilidade a inundação da Região Oeste de Belo Horizonte com principais vias.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso para cada intervalo de cota da área de estudo	18
Tabela 2 - Classificação do Relevo pelo IBGE.....	19
Tabela 3 - Peso para cada tipo de relevo.....	19
Tabela 4 - Matriz de comparação dos fatores e atribuição dos pesos	21
Tabela 5 - Reclassificação do mapa geral de susceptibilidade a inundação.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process* – Processo Analítico Hierárquico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SIG – Sistema de Informação geográfica

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* – Missão Topográfica Radar Shuttle

USGS – *United States Geological Survey* - Serviço Geológico dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivos	10
1.1.1. Objetivo Geral:	10
1.1.2. Objetivos Específicos:.....	10
1.2. Justificativa	10
1.3. Fundamentação Teórica.....	11
1.3.1. Urbanização	11
1.3.2. Enchentes e inundações urbanas.....	12
1.3.3. Geoprocessamento	13
1.3.4. Método AHP	14
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
2.1. Caracterização da área de estudos.....	15
2.2. Obtenção de dados.....	16
2.3. Tratamento inicial dos dados.....	17
2.4. Elaboração dos mapas intermediários.....	17
2.4.1. Mapa de susceptibilidade a inundação quanto � altimetria	18
2.4.2. Mapa de susceptibilidade a inundação quanto � declividade	19
2.4.3. Mapa de susceptibilidade a inundação quanto ao Uso do Solo	20
2.5. Elabora�o do mapa final de risco de inunda�o	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade até os tempos atuais, as adversidades causadas pelas inundações urbanas vêm ocasionando estragos e perturbações para a população dos municípios, principalmente os mais urbanizados (SOUZA, 2017).

Mudanças climáticas, que usualmente estiveram presentes no planeta de maneira equilibrada, cresceram de forma bastante acelerada nas últimas décadas, já que os processos produtivos precisam utilizar ainda mais as fontes de energia, ocasionando diversos problemas. Portanto, torna-se ainda mais habitual o acontecimento de episódios climáticos extremos, como furacões, calor excessivo, ondas de frio e inundações. Esses eventos possuem diversas consequências, que variam desde perdas econômicas até ocorrência de mortes (VAZ, 2010).

As inundações estão se tornando ainda mais constantes nas cidades brasileiras. Isto ocorre, principalmente, por causa do uso do solo, que é ocupado com superfícies impermeáveis e construções inapropriadas. Essa ocupação, muitas vezes, ocorre de forma desordenada e rápida no espaço urbano, fato geralmente ligado à falta de planejamento (SOUZA, 2017).

Segundo Chaves e Peixoto Filho (2015), o crescimento da população, simultaneamente com a busca por uma qualidade de vida melhor, tem colaborado para a constituição de áreas de concentração populacional, que tendem a serem lugares com grandes oportunidades e melhores condições de vida.

A associação do clima, fatores naturais e a ocupação irregular de bacias hidrográficas fazem com que o Brasil seja um dos países mais afetados por inundações (RODRIGUEZ *et al.*, 2009). São diversos os elementos que concorrem para o agravamento das consequências no acontecimento desses episódios, porém um dos principais está ligado ao crescimento econômico e populacional. Isto obriga a população a viver em regiões ribeirinhas, onde é mais possível que ocorra inundações, e, conseqüentemente, aumenta a exposição das pessoas a eventuais danos materiais e também mortes (KUNDZEWICZ *et al.*, 2013).

Outro fator que agrava mais essa situação é que a parte população economicamente menos favorecida, muitas vezes ocupantes dessas áreas que possuem mais susceptibilidade a enchentes, possuem moradias de menor estrutura e menos preparada para esses eventos. Cita-se também que as áreas com maior valorização nas cidades podem atrair uma maior população, gerando uma grade taxa de verticalização dos prédios e, conseqüentemente, sobrecarregando as infraestruturas já existentes nas cidades (MORAES, 2010).

O geoprocessamento, então, é um conjunto de técnicas que pode ser bastante importante para auxiliar no planejamento das cidades, ao facilitar a

identificação dos locais com maior chance de enchentes, auxiliando na prevenção, controle e minimização dos problemas decorrentes (ROSA, 2013).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral:

Identificar locais com maior risco de inundação na Região Oeste do município de Belo Horizonte/MG, através da utilização de geoprocessamento.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- Aplicar metodologia para identificar locais susceptíveis a inundação utilizando geoprocessamento.
- Elaborar mapa de inundação da área estudada;
- Associar os fatores altimetria, declividade e uso do solo com o risco de inundação;

1.2. Justificativa

O avanço populacional bastante acentuado nos anos recentes, em virtude, principalmente, da procura por uma vida melhor, proporciona aumento da urbanização em importantes centros (CHAVES; PEIXOTO FILHO, 2015).

Segundo Tucci (2009), por diversas vezes, em muitas cidades brasileiras, essa urbanização transcorre de maneira rápida e, conseqüentemente, sem planejamento. Desta forma, locais que não deveriam ser ocupados, como próximo a córregos e rios acabam sendo tomados pela população, que constrói moradias, muitas vezes sem um planejamento adequado. Isso pode contribuir com o acontecimento de enchentes (KUNDZEWICZ *et al.*, 2013).

Além desses motivos, fatores naturais da área são possíveis de influenciar significativamente na chance inundação. Dentre eles, os principais são a declividade e a altimetria (TUCCI, 2009). Desta forma, análises espaciais, em especial através da aplicação de geoprocessamento, são de grande relevância para o planejamento urbano. Essas análises podem auxiliar no gerenciamento de riscos relativos às inundações da região, proporcionando o reconhecimento preciso de locais que

precisam de imediatas medidas de prevenção e controle de enchentes (BUFFON; PAZ, 2017).

Este trabalho, portanto, visa colaborar com a identificação de localizações com maior risco de inundação, bem como no controle e prevenção, já que esse é um problema recorrente nos dias atuais e está presente em boa parte das grandes cidades e do mundo.

A área adotada para a execução do trabalho é a Região Oeste do município de Belo Horizonte/MG. Esta é uma região que, historicamente, possui graves consequências de problemas de inundação, habitualmente quando há precipitações mais intensas, inclusive ocorrendo mortes, como no ano de 2016, onde uma mulher perdeu a vida em uma avenida da região, devido a uma enchente (ESTADO DE MINAS, 2018).

A metodologia aqui desenvolvida pode ser aplicada a diferentes locais, de variadas características, adaptando aos objetivos pretendidos e às necessidades de prevenção e controle e servindo de auxílio ao planejamento urbano.

1.3. Fundamentação Teórica

1.3.1. Urbanização

A população brasileira cresceu bastante nos anos mais recentes. No primeiro censo, em 1872, foram registrados 9.930.478 habitantes. Posteriormente, em 1970, a população já era representada por aproximadamente 90 milhões e, no censo de 2010, a população era de 191.755.799 pessoas. Em 2018, a população projetada é de mais de 208 milhões (RIBEIRO; VARGAS, 2015; IBGE, 2010).

Além desse grande crescimento na população do país, nas últimas décadas, muitas pessoas procuraram um maior bem-estar nas maiores cidades, e se aglomeraram nesses centros. Todavia, essa grande aglomeração de pessoas nas grandes cidades gera diversas situações negativas, como tráfego acentuado de automóveis, sobrecarga do transporte urbano, diversos tipos de poluição, além de enchentes urbanas (MORAES, 2010).

A industrialização também contribuiu bastante com o êxodo rural. Para os moradores do campo, havia uma esperança de que nas cidades haveria mais emprego e, também, qualidade de vida (SILVA *et al.*, 2014).

Esse grande aumento da população brasileira, aliado ao êxodo populacional para os grandes centros urbanos, gera consequências. Em uma significativa parcela

das cidades brasileiras, essa urbanização ocorreu de forma acelerada, heterogênea e, por consequência, de maneira desordenada. Esse crescimento desordenado, ocorrido principalmente pela ausência de políticas públicas relacionadas ao planejamento urbano e espacial, resulta em uma grande instabilidade social e ambiental (BEZERRIL, 2016).

Desta forma, desastres ambientais, como sismos, furacões, precipitações de grande intensidade, maremotos e grandes períodos de seca, que por si só já possuem capacidade de causar grandes estragos, passam a ter mais risco de ter consequências mais severas, ao passo que as populações das cidades aumentam (JATOBÁ, 2011).

1.3.2. Enchentes e inundações urbanas

Enchente é um fato natural que ocorre em qualquer curso d'água, em locais urbanos e rurais. Ela consiste na ascensão dos níveis rios que podem causar inundações, ou seja, o extravasamento da água do canal principal. Esse transbordamento é natural, ou seja, isto ocorre em todo rio, não apresentando uma vazão e altura d'água regular durante todo o ano. Em outras palavras, quando acontecer uma enchente, não significará, necessariamente, o acontecimento de desastre (PINHEIRO, 2007).

Um tipo de inundações que ocorre em locais urbanizados é a enchente em áreas chamadas de ribeirinhas. Elas ocorrem, conforme pode ser observado na FIGURA 1, pelo aumento do nível do rio. A altura d'água do rio varia, conforme sua vazão, escoando, na maioria do tempo, pelo leito menor. Todavia, em algumas ocasiões, principalmente quando ocorrem precipitações mais intensas, o rio pode escoar, por algum tempo em um leito com altura d'água maior que a do leito menor, ocasionando a inundações. O grande problema deste fenômeno é que, se essa área de inundações, próxima ao leito do rio, estiver ocupada pela população, poderá ocorrer uma catástrofe, inclusive com possibilidade de mortes. Esta área é, portanto, de risco.

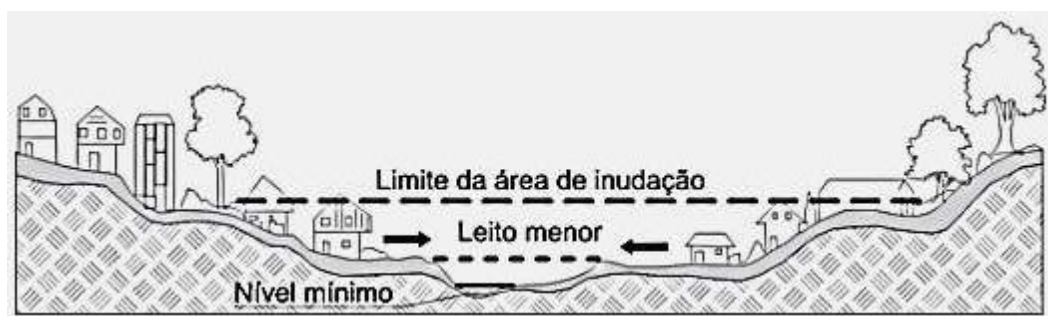


FIGURA 1 – Leitos dos cursos d'água

Fonte: TUCCI, 2008

Outro tipo de inundação recorrente nas áreas urbanas, que inclusive pode acontecer de forma integrada com a enchente por ocupação dos locais ribeirinhos, está relacionado à impermeabilização do solo. Ocorre especialmente por consequência da urbanização das cidades, que, ao construir toda sua estrutura, como moradias, asfalto, entre outros, acaba impermeabilizando o solo. Desta forma, o solo que anteriormente possuía certo grau de permeabilidade, passa a não permitir a infiltração das águas originadas das precipitações, ocasionando o significativo aumento do escoamento na superfície (TUCCI, 1995).

As enchentes urbanas podem ocasionar danos estruturais e socioeconômicos relevantes no ambiente urbano. Dentre as consequências mais importantes, podem-se destacar os danos materiais com residências atingidas, a disseminação de doenças, os estragos na infraestrutura privada e pública, as prováveis ocorrências de desmoronamentos em regiões vulneráveis, pessoas desabrigadas, além do mau funcionamento da mobilidade urbana. Desta forma, deve ser garantida a drenagem eficiente da infraestrutura viária, bem como o aumento de áreas verdes, em especial a montante dos locais considerados de risco (VENDRAME; MOTA; REIS, 2016).

1.3.3. Geoprocessamento

Segundo Rosa (2013), geoprocessamento é o grupo de tecnologias que visam à coleta e tratamento de dados espaciais com informações geográficas, de diferentes níveis. Essas tecnologias podem ser aplicadas a várias atividades, como cartografia, geografia, meio ambiente, planejamento urbano, geologia, dentre várias outras.

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um recurso computacional para geoprocessamento que tem em vista obter, armazenar, manejar, analisar, simular e exibir dados georreferenciados, isto é, referidos espacialmente na superfície terrestre. O SIG, portanto, permite a integralização de dados de diversas origens, de forma não manual, como era realizado até então. Assim, passou a ser viável a execução de análises muito mais complexas (ROSA, 2013).

O ramo de aplicações do geoprocessamento é muito grande, inclusive na área ambiental, possibilitando análises de histórico de incêndios, avanços populacionais, identificação de desmatamentos e estudos de áreas com risco de inundações. Essas análises se mostram bastante relevantes para auxiliar no planejamento das cidades (SILVA, 2015).

1.3.4. Método AHP

O Método AHP (*Analytic Hierarchy Process* - Processo Analítico Hierárquico) é um método que auxilia em situações onde é necessária uma tomada de decisão mais complexa. Saaty foi o responsável pelo desenvolvimento desse método, nos anos 70, que permite a associação de ponderações qualitativas e subjetivas com tratamentos quantitativos (PINESE JÚNIOR, 2010).

Esse método procura fragmentar o problema geral em considerações de menor relevância, porém sem excluir a contribuição dessas proposições de menor relevância para a decisão geral. Desta forma, em análises de alta complexidade, todos os detalhes são observados e considerando a sua devida proporção de importância ao problema (CERRI e PAULA, 2012).

Esse método, portanto, busca hierarquizar cada contribuição ao problema principal através de pesos conforme sua prioridade ou relevância, e pode ser utilizado em inúmeras situações de resolução de problemas complexos (SAATY, 1977).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudos

O local escolhido para este trabalho é a Região Oeste de Belo Horizonte, conforme consta na FIGURA 2. O motivo para que essa região fosse escolhida se deve ao histórico da área, com problemas graves devido a inundações.

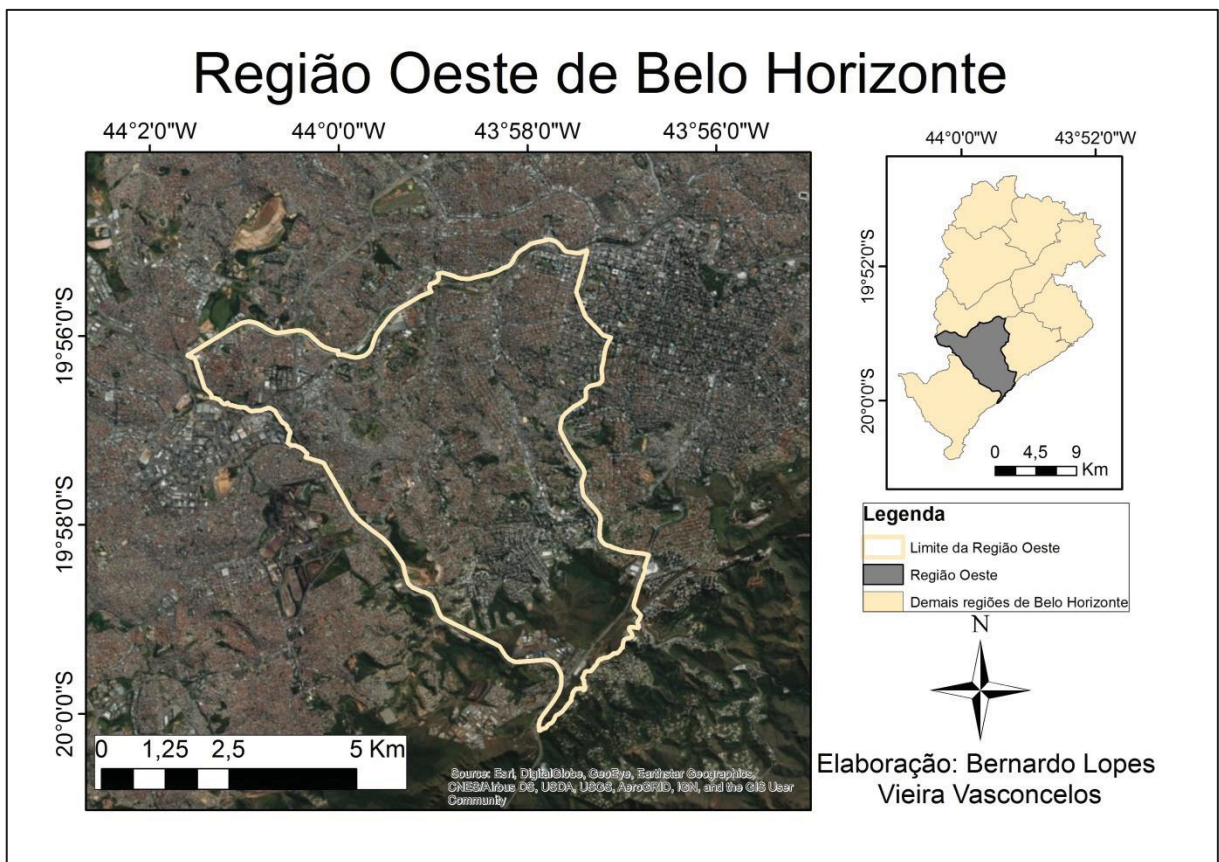


FIGURA 2 - Região Oeste de Belo Horizonte

Fonte: Autoria própria. Imagem utilizada de Esri (2018).

2.1.1. Precipitação em Belo Horizonte/MG

Estima-se que Belo Horizonte seja habitada por aproximadamente 2,5 milhões de pessoas, além de apresentar cerca de 7620 hab/km² de densidade demográfica, mostrando ser um município com bastante aglomeração de pessoas (IBGE, 2018).

Essa cidade apresenta média de temperaturas se alternando de 23°C no verão a 18°C no inverno, conforme pode ser observado na FIGURA 3. Observa-se que as precipitações em Belo Horizonte variam bastante durante o ano, se concentrando principalmente de outubro a março. A precipitação média mensal chega à marca de 300 mm em dezembro e janeiro. Além destes meses, novembro, fevereiro e março ainda possuem médias de precipitação mensal significativas. São nesses meses de maior precipitação que haverá mais chance de episódios de inundações.

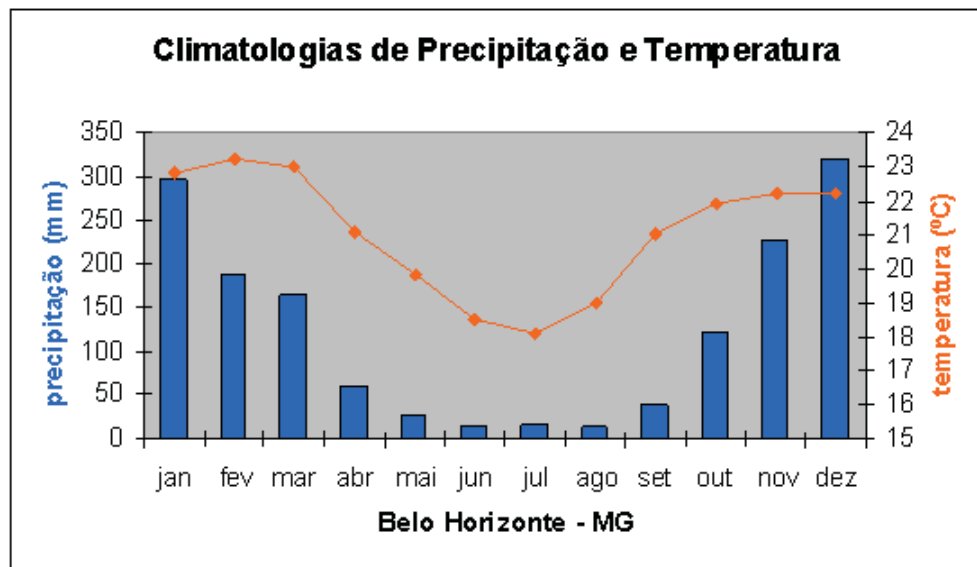


FIGURA 3 - Gráfico com precipitação e temperaturas médias mensais de Belo Horizonte

Fonte: CPTEC, 2018

2.2. Obtenção de dados

Para produzir os mapas deste trabalho foram obtidos os dados do modelo digital de terreno da Missão Topográfica Radar Shuttle (Acrônimo em inglês SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*). Esse arquivo foi utilizado no *software* ArcMap 10.5.

Essa missão possui dados de cerca de 30 metros, sendo esta a resolução do arquivo. Desta maneira, a plataforma *Earth Explorer* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*USGS – U.S. Geological Survey*) foi utilizada para a aquisição dos arquivos SRTM, os quais foram divulgados no mês de setembro de 2014 (*USGS, 2018*).

Para elaborar o mapa referente ao uso do solo do local estudado, foi usada a imagem do Sentinel-2. A imagem deste satélite possui 10 metros de resolução espacial e também foi obtida no *Earth Explorer* (USGS, 2018).

Além dos arquivos já citados, foram utilizados *shape files* (formato de arquivos georreferenciados em forma de vetor, para serem utilizados em *software* de geoprocessamento), contendo o contorno das regiões de Belo Horizonte, bem como as ruas da cidade (Monitora BH, 2018).

Acrescenta-se ainda que o próprio *software* ArcMap 10.5 dispõe de imagens de satélites, com o nome de *World Imagery*. Essas imagens foram utilizadas tanto para a produção do mapa da área de estudos, quanto para a observação mais detalhada da região durante diversas fases do trabalho.

2.3. Tratamento inicial dos dados

Inicialmente, o *shape file* da divisão regional de Belo Horizonte foi usado para delimitar o local de estudo. Como a imagem SRTM era de uma área maior, que incluía a Região Oeste da cidade, foi necessário extrair apenas a Região Oeste do arquivo. Esse procedimento foi realizado com a ferramenta *Extract by Mask* (Extrair por Máscara), onde foi usado o vetor do limite da Região Oeste para extrair apenas o local de interesse do SRTM.

A extração do SRTM da região estudada tornou possível identificar o valor de altimetria todos os pixels do arquivo, sendo possível observar valores variando entre 838 m e 1281 m.

A partir do arquivo SRTM, com o emprego da ferramenta *Contour* (Curva de nível) foram criadas curvas de nível. Apesar de não serem indispensáveis para realizar o trabalho, elas são importantes para verificação, no decorrer do trabalho, de que os resultados observados estão plausíveis com a área, em especial quanto ao mapa de altimetria.

2.4. Elaboração dos mapas intermediários

Segundo Amaral e Ribeiro (2009), a possibilidade de acontecer inundações é verificada conforme a associação de diversos fatores da natureza e antrópicos, incluindo:

- Forma do Relevo;
- Peculiaridades da infraestrutura de drenagem;

- Quantidade, intensidade, frequência e distribuição das chuvas;
- Singularidades do solo;
- Quantidade de vegetação.

Portanto, produzir este trabalho, foram considerados os seguintes fatores, devido à viabilidade para a finalidade do trabalho:

- Altimetria;
- Declividade;
- Uso do solo.

Deste modo, foi elaborado um mapa para cada um dos três fatores escolhidos, que, combinados por meio do método AHP, resultaram em um mapa final quanto ao risco de enchente da área estudada.

2.4.1. Mapa de susceptibilidade a inundação quanto à altimetria

Para a produção deste mapa, foi usado o arquivo SRTM já no formato da Região Oeste. Neste arquivo, cada pixel de cerca de 30 m de lado possuía um valor, conforme a cota do ponto.

Como a altimetria da área variou pouco (838 m - 1281 m), foi escolhido reclassificar os pixels em cinco classes. Esses grupos receberam valores variando de 1 a 10, onde 1 é o valor com maiores cotas e, em consequência, menor chance de inundação em virtude da gravidade, e 10 para menores altitudes e, consequentemente, maior chance de ocorrer inundações.

A ferramenta *Reclassify* (Reclassificar), do ArcMap 10.5 foi a utilizada para essa reclassificação. O arquivo foi reclassificado por quebras naturais, isto é, automaticamente pelo programa. Os valores escolhidos para os pesos de cada classe foram: 1, 3, 6, 9 e 10.

Na Tabela 1 a seguir mostra a reclassificação utilizada, em que a coluna Valores antigos mostra o valor da altimetria dos pixels da área, na coluna de Novos Valores são apresentados os pesos correspondentes.

Tabela 1 - Peso para cada intervalo de altimetria

Valores Antigos	Novos Valores
838 – 909	10
909 – 963	9
963 – 1043	6
1043 – 1136	3
1136 – 1281	1

No mapa, cada uma das cinco áreas criadas foi denominada, conforme sua probabilidade de ocorrer inundação, como: Muito Alta Probabilidade; Alta Probabilidade; Média Probabilidade; Baixa Probabilidade; Muito Baixa Probabilidade.

2.4.2. Mapa de susceptibilidade a inundação quanto à declividade

Este mapa foi elaborado a partir do mesmo arquivo SRTM recortado. A ferramenta do ArcMap 10.5 inicialmente utilizada foi a *Slope* (Declive), para se definir o valor da declividade de todos os pixels dentro da área.

O IBGE (2005) classifica o relevo brasileiro em 6 classes, conforme sua declividade, representado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Classificação do Relevo pelo IBGE

Classificação do relevo	Declividade
Plano	0 a 3%
Suave ondulado	3 a 8%
Ondulado	8 a 20%
Forte Ondulado	20 a 45%
Montanhoso	45 a 75%
Escarpado	Maior que 75%

Fonte: IBGE, 2005

Assim, a ferramenta *Reclassify* foi utilizada duas vezes. Primeiro, para reclassificar os valores de declividade inicialmente obtidos conforme a classificação do IBGE (2005) e, novamente, foi utilizada para obter o peso quanto à contribuição para se ocorrer a inundação.

Posteriormente às reclassificações, pesos foram atribuídos conforme o tipo do relevo, no mesmo padrão, entre 1 e 10. Eles foram atribuídos conforme Tabela 3, variando entre 1 para o Escarpado, por ter declividade maior, e 10 para o Plano, por ter maior chance de contribuir para acontecimento de inundação. Na tabela 3 a seguir ainda é mostrado, em Contagem, quantos pixels para cada categoria de relevo foram identificados na área.

Tabela 3 - Peso para cada tipo de relevo

Valor	Contagem	Relevo
1	34	Escarpado
2	1042	Montanhoso
4	12151	Forte Ondulado
5	19429	Ondulado
7	6325	Suave Ondulado
10	1225	Plano

Cada uma das seis áreas, no mapa final, foi nomeada como: Muito Alta Probabilidade; Alta Probabilidade; Média Probabilidade; Baixa Probabilidade; Muito Baixa Probabilidade; Probabilidade Mínima.

2.4.3. Mapa de susceptibilidade a inundação quanto ao Uso do Solo

O mapa correspondente ao uso do solo foi elaborado a partir da imagem do satélite Sentinel-2, após ser recortada para o formato da Região Oeste com a ferramenta *Extract by Mask* do ArcMap.

Em virtude do nível de detalhe da imagem, o uso do solo foi dividido apenas em três classes: Vegetação Densa, Vegetação Rasteira e Urbanizado. Ressalta-se ainda que, por se tratar de uma área bastante urbanizada, não foi observado nenhum curso d'água na área, pois os que existem na região são internamente canalizados.

Um recurso, denominado classificação supervisionada, foi necessário para a produção deste mapa. Esse procedimento foi feito com o auxílio da ferramenta *Create Signatures* (Criar Assinaturas), com a seleção de diversas amostras da imagem do Sentinel-2, e cada uma delas era classificada conforme sua classe (Vegetação Densa, Vegetação Rasteira e Urbanizado). Posteriormente, foi usada a ferramenta *Maximum Likelihood* (Máxima Probabilidade) para chegar ao uso e do solo. Desta forma, as assinaturas criadas foram usadas como dados de entrada.

A ferramenta *Reclassify* foi utilizada para a atribuição dos pesos. O peso 9 foi definido para a área considerada urbanizada, já que é muito impermeável, porém não completamente, peso 4 para a Vegetação Rasteira e 2 para Vegetação Densa, devido à sua maior tendência a favorecer a infiltração da água e minimizar o escoamento na superfície, fato que contribui com o combate às enchentes.

2.5. Elaboração do mapa final de risco de inundação

Para a produção do mapa final, deve-se unir a informação contida nos três mapas elaborados anteriormente. Para tal, foi elaborada uma equação, baseada no Método AHP (SAATY, 1980).

Conforme o proposto por Magalhães *et al.* (2012), para a análise de do risco de inundação, o fator considerado menos importante foi altimetria, uso do solo foi considerado 3 vezes mais relevante do que altimetria, e a declividade, considerado 7 vezes mais relevante do que altimetria.

A Tabela 4 a seguir apresenta a comparação desses fatores e a determinação de pesos para eles.

Tabela 4 - Matriz de comparação dos fatores e atribuição dos pesos

Fatores	Altimetria	Uso do solo	Declividade	Pesos
Altimetria	1	0,3333	0,1429	0,0968
Uso do solo	3	1	0,333	0,2258
Declividade	7	3	1	0,6774

Fonte: Saaty (1977) citado por Rosot (2000)

Com a definição dos pesos, a Equação 1 foi elaborada, sendo utilizada para a produção do mapa final deste trabalho. Essa equação foi utilizada para executar uma álgebra de mapas, onde os pixels dos três mapas intermediários foram somados por meio da ferramenta *Raster Calculator* (Calculadora Raster), do ArcMap 10.5.

$$POI = 0,0968 \times A + 0,2258 \times US + 0,6774 \times D \quad (1)$$

Em que:

POI: probabilidade de ocorrência de inundação,

A: altimetria,

US: uso do solo e

D: declividade.

O resultado do somatório dos mapas foi reclassificado, pela ferramenta *Reclassify*, determinando 5 classes mediante quebras naturais, conforme Tabela 5 a seguir. As áreas de riscos de inundação mais baixos foram representadas pelo valor 1 e as de maior risco, pelo valor 5.

Tabela 5 - Reclassificação do mapa geral de susceptibilidade a inundação

Valores Antigos	Novos Valores
1,2258 – 3,4838	1
3,4838 – 4,7098	2
4,7098 – 5,7742	3
5,7742 – 7,0644	4
7,0644 – 9,7742	5

As áreas foram denominadas: Risco Elevado; Risco Alto; Risco Médio; Risco Mínimo; Risco Baixo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIGURA 4 mostra o mapa de susceptibilidade a inundações da Região Oeste de Belo Horizonte quanto à altimetria.

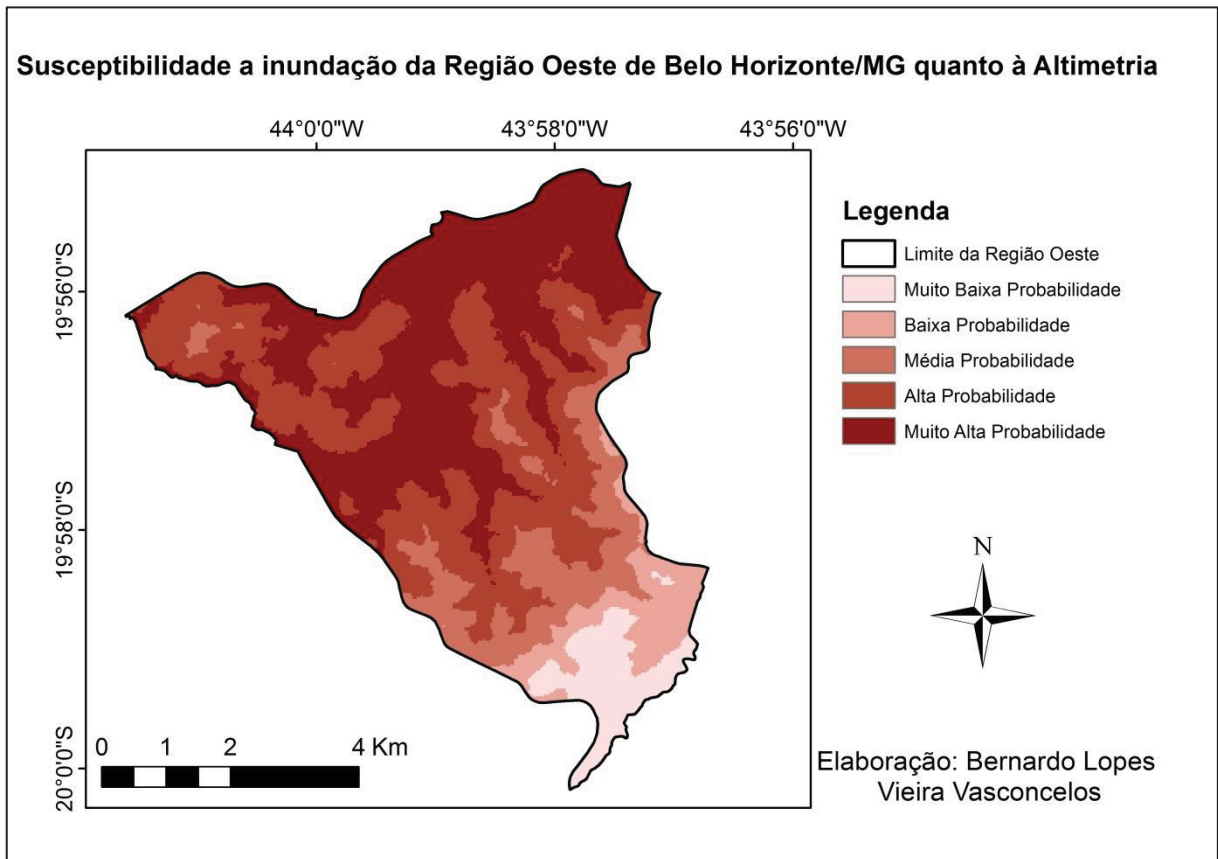


FIGURA 4 - Mapa de susceptibilidade a inundações da Região Oeste de Belo Horizonte quanto à altimetria

Fonte: Autoria própria

A altimetria da região variou de 838 m a 1281 m. Desta forma, os grupos representados no mapa foram: Muito Baixa Probabilidade (838 a 909 m); Baixa Probabilidade (909 a 963 m); Média Probabilidade (963 a 1043 m); Alta Probabilidade (1043 a 1136 m); e Muito Alta Probabilidade (1136 a 1281 m).

Como maiores altitudes tendem a ter menor probabilidade de inundação e menores cotas altimétricas tendem a ter um risco maior, o mapa está elaborado conforme o relevo do local, que mais próximo ao sul e sudeste as altitudes são maiores, enquanto que mais próximos ao norte as cotas são, em média, menores.

A Região Oeste de Belo Horizonte possui 35,93 km² de área, da qual 2,31 km² (6,43%) foram considerados de Muito Baixa Probabilidade, 2,43 km² (6,76%) de

Baixa Probabilidade, 4,95 km² (13,78%) de Média Probabilidade, 12,69 km² (35,31%) de Alta probabilidade e 13,56 km² (37,72%) de Muito Alta Probabilidade.

Na Figura 5 é apresentado o mapa de risco de inundação Quanto à declividade da região.

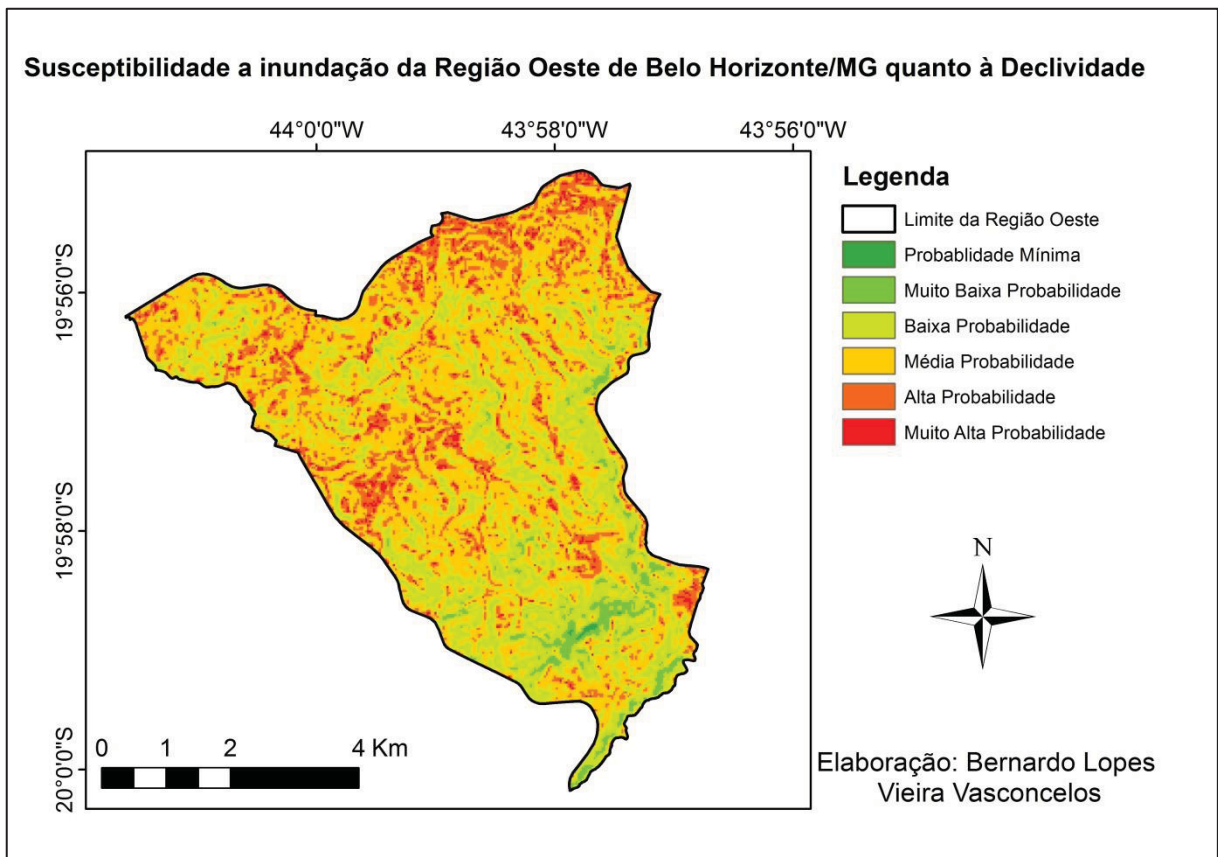


FIGURA 5 - Mapa de susceptibilidade a inundação da Região Oeste de Belo Horizonte quanto à declividade

Fonte: Autoria própria

O mapa da Figura 5 demonstra 6 classes distintas para a declividade da Região Oeste. A Probabilidade Mínima, com 0,03 km² (0,08%) da área, Muito Baixa Probabilidade com 0,93 km² (2,59%), Baixa Probabilidade com 10,86 km² (30,22%), Média Probabilidade com 17,36 km² (48,32%), Alta Probabilidade com 5,65 km² (15,73%) e Muito Alta Probabilidade com 1,09 km² (3,06%).

Os lugares de maior risco são terrenos mais planos, devido à sua tendência em acumular água de chuva, contribuindo para o acontecimento de inundação. Cabe destacar que o relevo local é bastante acidentado, tendo como reflexo principalmente as áreas mais esverdeadas no mapa da Figura 5.

O mapa considerando a declividade é de grande relevância, pois, conforme a Equação 1 utilizada na produção do mapa final, é o que tem mais peso no resultado final. Isto significa que os 18,78% de área considerada de Alta ou Muito Alta Probabilidade de ocorrer enchentes já tendem a ser consideradas de alto risco no mapa final.

Com essa mesma linha de raciocínio, já se pode esperar que as áreas mais avermelhadas, concentradas principalmente no norte e oeste do mapa da Figura 5, tendem a ser áreas consideradas de maior risco. Já as concentrações de verde no mapa, principalmente mais próximos ao sul, tendem a ser áreas livres de inundações.

A Figura 6 apresenta o mapa de Susceptibilidade a inundações quanto ao Uso do Solo.

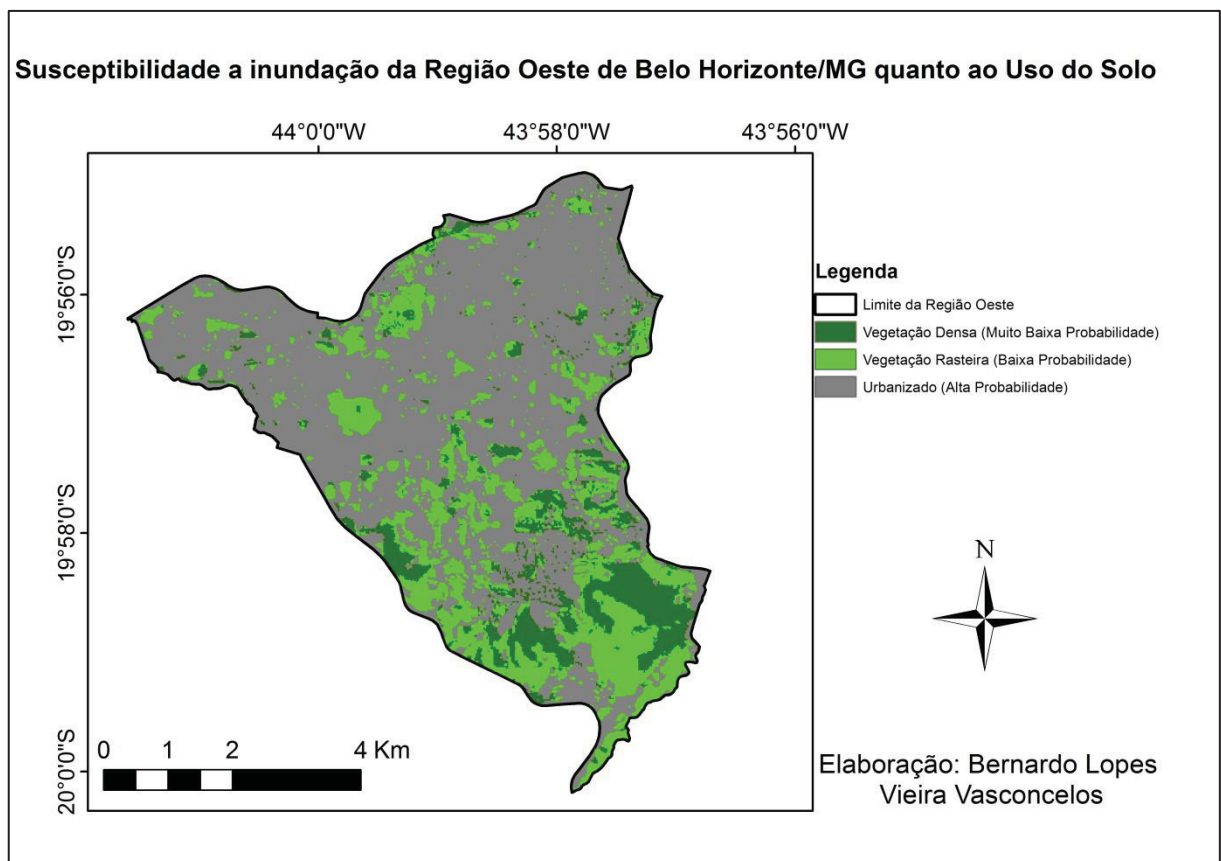


FIGURA 6 - Mapa de susceptibilidade a inundações da Região Oeste de Belo Horizonte quanto ao uso do solo

Fonte: Autoria própria

A área considerada urbanizada, de Alta Probabilidade, possui 24,31 km² (67,66% do total), a de Vegetação Rasteira, de Baixa Probabilidade, possui 7,65 km²

(21,30%) e a de Vegetação Densa, Muito Baixa Probabilidade, possui 3,97 km² (11,04%).

A grande área Urbanizada é um reflexo da urbanização presente na cidade de uma maneira geral. Além disso, a área mais urbanizada mostrada na Figura 6, de maior concentração mais no centro e norte da área, é localizada mais próxima do hipercentro da cidade. Essa área, devido ao seu grande índice de impermeabilização, tende a aumentar o escoamento superficial, aliada, muitas vezes, a uma ineficiente infraestrutura de drenagem.

A FIGURA 7 apresenta o mapa final de susceptibilidade a inundação da Região Oeste de Belo Horizonte, sendo o resultado mais relevante deste estudo.

Os 35,93 km² da região foram divididos em 5 classes, na seguinte proporção: Risco Mínimo com 1,48 km² (4,11%); Risco Baixo com 6,04 km² (16,81%); Risco Médio com 9,34 km² (26,00%); Risco Alto com 13,85 km² (38,55%); e Risco Elevado com 5,22 km² (14,53%).

A área considerada de Risco Elevado não é a de maior representação no mapa, porém, quando se ocorre precipitações de grande intensidade na região, esses locais poderão ser severamente afetados pela enchente. Essas áreas são, sem dúvida, as mais críticas da área, e onde deve-se ter o maior cuidado.

Acrescenta-se que a dimensão da área considerada de Risco Alto chama bastante atenção, ocupando mais de 38%. Apesar de menos críticas que as zonas de Risco Elevado, também devem ser observadas com atenção, em especial os lugares em que estão presentes próximos a grandes manchas de Risco Elevado.

As outras áreas, de Risco Médio, Baixo e Mínimo, não necessitam de tanto alerta nas ocasiões de precipitações mais intensas. Todavia, nessas áreas deve-se estabelecer medidas que amenizam as consequências das enchentes, em especial nas áreas à montante das de risco.

A FIGURA 8 demonstra o mesmo mapa da FIGURA 7, porém com destaque apenas às zonas de Risco Elevado e Alto e as principais vias da região, tanto de maiores tráfegos, como as que foram observadas, no mapa final, por estarem bastante afetados pelas manchas de inundação.

Todas as ruas e avenidas representadas no mapa da FIGURA 8 são bastante conhecidas da região por terem pontos de alagamento quando ocorrem precipitações mais fortes.

Um mapa como esse é, portanto, essencial no planejamento das cidades, podendo inclusive ser cruzados com outras informações, como vias, conforme representado pelo mapa da da FIGURA 8.

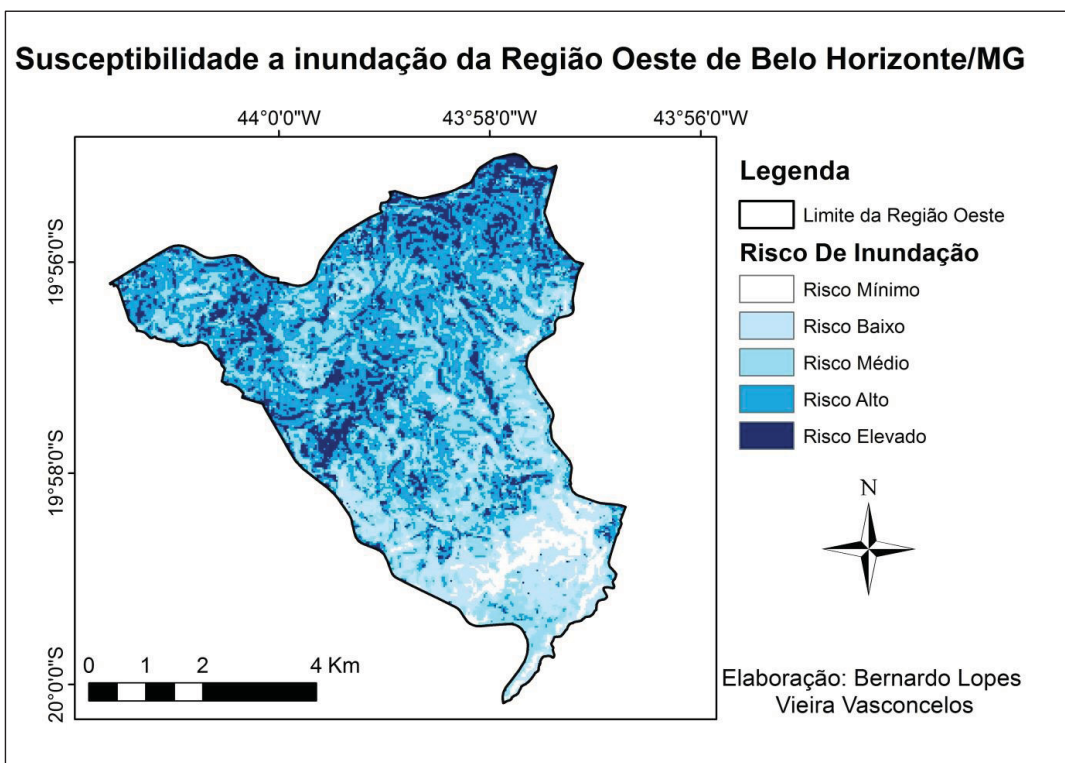


FIGURA 7 - Mapa de susceptibilidade a inunda o da Região Oeste de Belo Horizonte

Fonte: Autoria própria

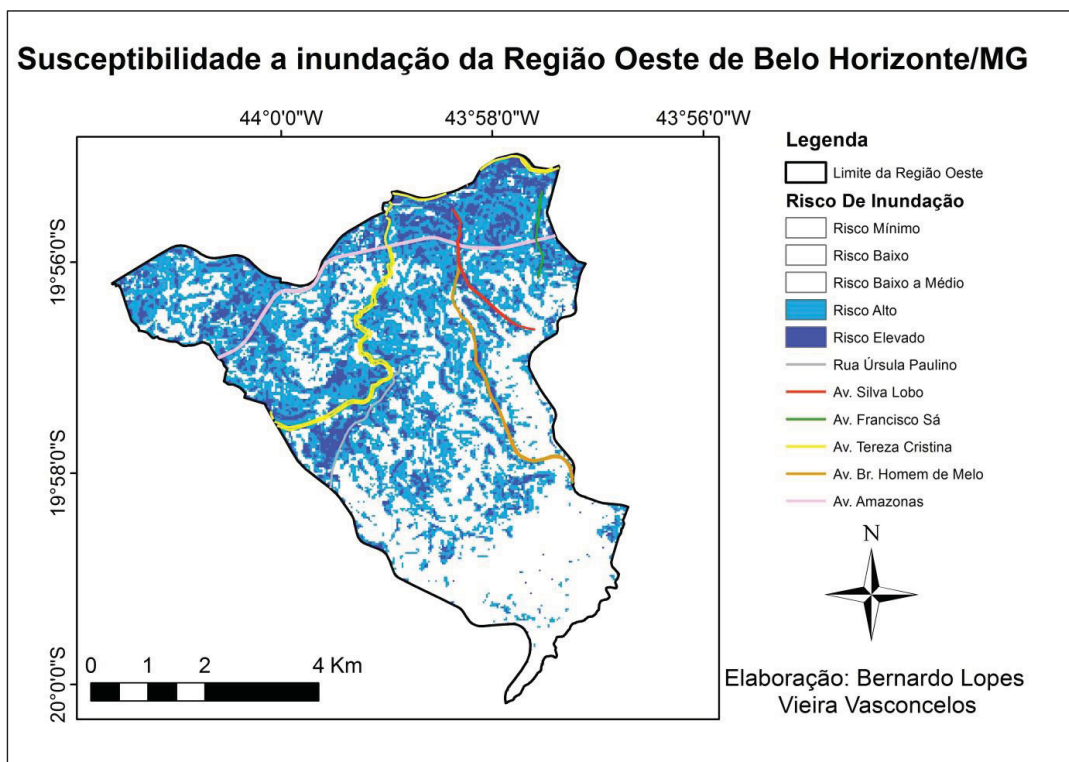


FIGURA 8 - Mapa de susceptibilidade a inunda o da Região Oeste de Belo Horizonte com principais vias

Fonte: Autoria própria

Em um trabalho onde se buscou caracterizar as possibilidades de ocorrência de enchentes na área inteira de Belo Horizonte, Cajazeiro (2012), indentificou a Região Oeste da cidade como uma das de maior risco. Nas manchas de inundação daquele estudo, observou-se, por exemplo, sobre as avenidas Tereza Cristina, Francisco Sá e Barão Homem de Melo, conforme também observado neste trabalho.

Belo Horizonte (2009) dispõe de cartas de inundações bastante detalhadas disponíveis à população. Nela, observa-se diversas zonas de inundação na Região Oeste. As áreas inundáveis das cartas de inundação da prefeitura estão sobre as avenidas Tereza Cristina, Úrsula Paulino, Amazonas, Francisco Sá, entre outras, conforme identificado neste trabalho.

Através da análise da áreas possíveis de inundação da prefeitura de Belo Horizonte (2009), juntamente com o trabalho de Cajazeiro (2012), pode-se verificar que em diversas manchas de inundação há córregos canalizados sob essas áreas. Isso é facilmente observado por toda a extensão do Córrego dos Pintos, sobre o qual se encontra a avenida Francisco Sá, e também nas proximidades da avenida Úrsula Paulino, onde há o Córrego do Cercadinho. Isso pode gerar uma cobrecarga nesses córregos, já que se encontram em áreas com tendência a inundação, potencializando suas consequências.

Um dos grandes problemas das enchentes em Belo Horizonte é a impermeabilização do solo da cidade, resultando em um grande escoamento superficial. Portanto, a construção e preservação de áreas verdes podem cooperar com a prevenção a estes eventos, inclusive identificando os locais de maiores riscos (REIS *et. al*, 2011).

É importante destacar que, por Belo Horizonte possuir um período chuvoso bastante definido, são nesses momentos que as áreas caracterizadas neste estudo terão maior chance de terem consequências negativas. Desta forma, conforme observou Champs (2012), os meses que têm mais chance de passarem por inundações em Belo Horizonte são entre novembro e janeiro. Além disso, destaca-se que foram bastante raras as inundações observadas de abril a setembro, sendo estes meses os ideais para se implantarem medidas preventivas que demandam maior tempo de preparo.

Segundo Paolucci e Pereira (2012), a prefeitura de Belo Horizonte canalizou diversos córregos da cidade, buscando um benefício imediato, mas eles acabaram se saturando devido à impermeabilização do solo da cidade. Somente nas últimas décadas foi priorizado o planejamento do uso e da ocupação do solo conforme o risco. Aliado a isso, a prefeitura vem, ao longo dos últimos anos, realizando obras para diminuir as consequências das inundações, como em obras para alargamento de diversos canais e criação e manutenção de áreas verdes à montante de locais de maiores riscos.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou ser factível a produção de um mapa de inundação para a Região Oeste de Belo Horizonte, utilizando-se técnicas de geoprocessamento. Além disso, a metodologia pode ser aplicada para qualquer outro local. Para isso, basta que haja disponível as imagens e os dados necessários.

Analisa-se também que os três fatores analisados (uso do solo, declividade e altimetria) são suficientes para elaborar o mapa de susceptibilidade a inundação de uma região, porém para uma melhor precisão, é recomendado utilizar o máximo de fatores possíveis. Dentre os três, a declividade demonstra ser o que mais contribui para o resultado final, já que possui maior peso na equação utilizada.

Apesar das consequências negativas que frequentemente ocorrem em Belo Horizonte e na região oeste, a prefeitura do município vem buscando soluções a esses problemas, através de obras, conscientização da população e as informando nas situações de chuvas críticas.

Portanto, conclui-se que ferramentas como as demonstradas neste trabalho se mostraram bastante úteis ao planejamento urbano, sobretudo quando combinadas com outras técnicas e ferramentas.

REFERÊNCIAS

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.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Políticas Urbanas de Belo Horizonte. **Cartas de Inundações**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em <<https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/diretoria-de-gestao-de-aguas-urbanas/cartas-de-inundacoes>>. Acesso em: 04 set. 2018.

BEZERRIL, K. O. **Problemas socioambientais: urbanização desordenada e consequências para a qualidade das águas subterrâneas de Poços localizados nas imediações do lixão de Cidade Nova em Natal/RN**. 2016. 206 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2016.

BUFFON, E. A. M.; PAZ, O. L. S. P. Avaliação das áreas com risco de inundações em Curitiba, Paraná Brasil, a partir do cruzamento dos mapeamentos de cobertura da terra e de vulnerabilidade social. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 18. **Anais...** Santos-SP, Brasil, p. 5552-5559, maio, 2017.

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. 104 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2012.

CPTEC - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Clima Monitoramento Brasil**. Belo Horizonte; 2018. Disponível em <<http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>>. Acesso em 26 jul. 2018.

CERRI, L.E.S. e PAULA, B.L. Aplicação do processo analítico hierárquico (AHP) para priorização de obras de intervenção em áreas e setores de risco geológico nos municípios de Itapeverica da Serra e Suzano (SP). São Paulo: UNESP, **Geociências**, v. 31, n. 2, p. 247-257, 2012.

CHAMPS, J. R. Inundações urbanas em Belo Horizonte. Ocorrências, controle e medidas de proteção. **Aqua-LAC**, v. 4, n. 2, p. 1-6, setembro, 2012.

CHAVES, I. S. B.; PEIXOTO FILHO, G. E. Identificação de áreas susceptíveis à ocorrência de inundações na Região Administrativa Fercal (RA XXXI). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17. **Anais...** João Pessoa-PB, Brasil, p. 7036-7043, abril, 2015.

ESTADO DE MINAS. Belo Horizonte, 26 mar. 2018. Disponível em <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2018/03/26/interna_gerais,946717/locais-com-risco-de-inundacao-em-belo-horizonte-recebem-sinalizacao.shtml>. Acesso em 16 ago. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**, Brasília: IBGE, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Site que trás uma série de informações sobre os municípios brasileiros. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/>> Acesso em: 25 jul. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**, Manuais Técnicos de Geociências, n. 4. Rio de Janeiro, 2005.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. In. **Boletim regional, urbano e ambiental** / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. – n. 1 (dez. 2011). Brasília: Ipea, Dirur, 2011.

KUNDZEWICZ, Z.W.; KANAE, S.; SENEVIRATNE, S.I.; HANDMER, J.; NICHOLLS, N.; PEDUZZI, P.; MECHLER, R.; BOUWER, L.M.; ARNELL, N.; MACH, K.; MUIR-WOOD, R. Flood risk and climate change: global and regional perspectives. **Hydrol. Sci. J.**, v. 59 (1), p. 1-28, 2013.

MAGALHAES, I. A. L.; AGRIZZI, D. V.; THIAGO, C. R. L.; SANTOS, A. R.. **Metodologias Distintas para Mapeamento das Áreas de Risco de Inundação em Guaçuí, ES, Utilizando Sistemas de Informações Geográficas**. In: Alexandre Rosa dos Santos; João Batista Esteves Peluzio; Telma Machado de Oliveira Peluzio; Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos Santos. (Org.). Geotecnologias Aplicadas aos Recursos Florestais. 1ed.Alegre, ES: CAUFES, v. 1, p. 114-125, 2012.

Monitora BH. Mapas Georreferenciados. Disponível em: <<https://monitorabh.pbh.gov.br/mapas-georreferenciados>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

MORAES, I. R. **O Processo de Urbanização e o Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV**. Blog Direito Urbanístico Brasileiro, jun. 2010. Disponível em: <<http://infocidade.blogspot.com/2010/06/estudo-previo-de-impacto-de-vizinhanca.html>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

PAOLUCCI, C.O.; PEREIRA, D.B. Medidas implementadas em Belo Horizonte para antecipar os efeitos da chuva. **Geografias** (UFMG), v. 8, n. 1, p. 50-63, 2012.

PINESE JÚNIOR, J.F. **Aplicação do método de análise hierárquica – AHP – para a determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Piedade, MG**. 2010. Monografia (Graduação em Geografia – Bacharelado). UFU, Uberlândia, 2010.

- PINHEIRO, A. Enchente e Inundação. *In*: SANTOS, R. F. dos (org.) **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. 192p.
- REIS, P. E.; PARIZZI, M. G.; MAGALHÃES, D. M.; MOURA, A. C. M. **O escoamento superficial como condicionante de inundação em Belo Horizonte, MG: estudo de caso da sub-bacia córrego do Leitão, bacia do ribeirão Arrudas.** Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. Urbanização, globalização e saúde. **Revista USP**, n. 107, p. 13-26, 17 dez. 2015.
- RODRIGUEZ, J.; VOS, F.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Annual Disaster Statistical Review 2008: The Numbers and Trends.** Brussels, 2009.
- ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento.** Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento. Uberlândia, 2013.
- ROSOT, M. A.; BARCZAK, C. L.; COSTA, D. M. B. **Análise da vulnerabilidade do manguezal do Itacorubiá ações antrópicas utilizando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento.** *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 6., 2000, Florianópolis. Resumos expandidos. Santa Catarina: COBRAC, p. 1-12, 2000.
- SAATY, T. L. A scaling method form priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, n. 3, p. 234-281, 1977.
- SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation.** New York: Mcgraw-Hill, 1980. 287 p.
- SILVA, E. C. M. **Caracterização morfométrica das áreas afetadas por inundações na Bacia dos Franceses e na Bacia do Mindú, área urbana da cidade de Manaus, no período de 2005 a 2010.** Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2015.
- SILVA, J. A. B.; BARROSO, R. C. A.; RODRIGUES, A. J.; COSTA, S. S.; FONTANA, R. L. M. A urbanização no mundo contemporâneo e os problemas ambientais. Caderno de Graduação – **Ciências Humanas e Sociais** – UNIT, 27. Out. 2014.
- SOUZA, F. S. D. **Análise histórica de inundação no município de Tubarão – Santa Catarina.** 2017. 83 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.
- TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. *In*: Tucci, C. E. M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, v.5, p.15-36, 1995.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

USGS - U. S. Geological Service. **Earth Explorer**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 04 ago. 2018

USGS - U. S. Geological Service – USGS. **Long Term Archive**. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>>. Acesso em: 04 ago. 2018.

USGS - U. S. Geological Service – **USGS. Sentinel-2 – The Long Term Archive**. Disponível em: <https://lta.cr.usgs.gov/sentinel_2>. Acesso em: 04 ago. 2018.

VAZ, D. S. **Alterações climáticas, riscos ambientais e problemas de saúde: breves Considerações**. Coimbra, 2010. Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema4/dirley>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

VENDRAME, I. F.; MOTA, M. S.; REIS, D. **Inundações no córrego senhorinha e suas consequências na mobilidade urbana**. São José dos Campos, Brasil, 2016. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/IPTMU-Iria_corrigido_Mobilidade.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2018.