



IX-120 - SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO IPANEMA EM IPATINGA MINAS GERAIS

Tiago Vieira da Silva⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Urbana pela Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (EM/UFOP).

Daniella Aurora do Nascimento⁽²⁾

Graduada em Engenharia Ambiental pela Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (EM/UFOP).

Hellen Carolina Teixeira Gomes⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Urbana pela Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (EM/UFOP).

Tamara Daiane de Souza⁽⁴⁾

Doutora e Mestre em Recursos Hídricos e Ambientais pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto (DEURB – EM/UFOP).

Múcio André dos Santos Alves Mendes⁽⁵⁾

Doutor e Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Ajunto do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DECIV – EM/UFOP)

Endereço⁽¹⁾: Campus Morro do Cruzeiro - Bauxita - Ouro Preto - MG - CEP: 35400-000 - Brasil - Tel: (31) 3559-1471 - e-mail: tiago.vs@aluno.ufop.edu.br

RESUMO

A falta de integração entre o gerenciamento dos recursos hídricos e o planejamento do uso do solo, exacerbada pelo crescimento populacional acelerado e pelas mudanças climáticas globais, tem intensificado o desenvolvimento urbano desordenado e vulnerável. Este cenário tem contribuído significativamente para o aumento dos eventos extremos de precipitação, resultando em danos sociais substanciais. A necessidade de mapear áreas suscetíveis a inundações torna-se crucial para orientar o planejamento urbano diante da propensão natural dessas áreas a sofrerem com inundações. O geoprocessamento tem sido cada vez mais utilizado na gestão ambiental por agilizar levantamentos de dados, mapeamentos e análises ambientais. Neste contexto, este estudo concentra-se em Ipatinga, Minas Gerais, uma cidade que enfrenta desafios decorrentes do crescimento desordenado ao longo do Ribeirão Ipanema, afluente do Rio Doce. O objetivo denotou-se por avaliar a suscetibilidade a inundações na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema, considerando os critérios de declividade, hipsometria, tipo e uso do solo, por meio do Analytic Hierarchy Process (AHP). Os resultados destacaram áreas críticas de alta suscetibilidade, especialmente nas regiões urbanizadas e de menor altitude, próximas ao exutório da bacia hidrográfica. A área identificada como de muito alta suscetibilidade é a região central do município. Os pontos identificados com alta e mediana suscetibilidade à inundações estão localizados na parte mais distante do centro, onde a densidade demográfica é mais acentuada. Isso sugere que a impermeabilização do solo seja um fator determinante para o aumento da suscetibilidade à inundações, evidenciando a urgência de estratégias de gestão e planejamento urbano mais sustentáveis para mitigar esses riscos.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento de Áreas Suscetíveis, Geoprocessamento, Processo Analítico Hierárquico, Suscetibilidade a inundações, Hipsometria.

INTRODUÇÃO

As tendências emergentes globais de crescimento populacional acelerado e mudanças climáticas com eventos extremos de precipitação associadas ao crescimento intensificado e desordenado das cidades, sobretudo as brasileiras, têm acarretado prejuízos a sociedade (SAMANTA et al., 2018). A lógica atual de desenvolvimento urbano impacta no aumento de impermeabilização do solo, ocasionando no aumento do escoamento superficial e propiciando a ocorrências de cheias urbanas (SILVA; SILVA; LIMA, 2020).

Os grandes centros urbanos são os que mais sofrem devido aos acontecimentos causados por eventos hidrológicos extremos, que acarretam inundações, alagamentos e enchentes. Entretanto, municípios de médio porte também estão sujeitos a sofrer as consequências de uma ocupação menos planejada e assistida pelos órgãos públicos



(SCHATZ, 2022). Esses mesmos municípios tendem a se tornar centros comerciais de uma microrregião, favorecendo ainda mais a ocupação desordenada e modificação da cobertura natural do solo. Essa alta impermeabilidade do solo nos aglomerados urbanos os tornam mais suscetíveis a ocorrência de inundações em meio a eventos extremos de precipitação, sendo os fatores naturais também influentes a esta ocorrência, para além dos antrópicos (SILVA; SILVA; LIMA, 2020).

A cidade de Ipatinga, Minas Gerais, enfrenta problemáticas associadas ao crescimento populacional acelerado e desordenado que ocorreu majoritariamente, às margens do Ribeirão Ipanema, afluente do Rio Doce, um dos maiores rios do estado (DE ARAÚJO et al., 2022). Em 1972 a ocorrência de fortes chuvas que elevaram a cota do rio acarretou em uma das maiores enchentes enfrentadas em Ipatinga, sendo registrados 42 óbitos e mais de 10 mil desabrigados (VASCONCELOS, 2002).

Uma importante ferramenta para a gestão municipal quanto a ocorrências destes eventos é o mapa de suscetibilidade a inundações, sendo aplicáveis os métodos de análise multicritério para sua produção, destacando-se o Analytic Hierarchy Process (AHP), ou Processo Analítico Hierárquico (SAATY, 1980). Este mapeamento é uma exigência no Plano Diretor Municipal, o principal instrumento de gestão e planejamento urbano, conforme estabelecido pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que requer a incorporação das diretrizes das cartas geotécnicas para áreas suscetíveis a inundações repentinas, deslizamentos de grande magnitude e outros fenômenos geológicos (IPT, 2015). Essa integração possibilita a implementação de medidas preventivas e adequadas de adaptação do uso do solo urbano, incluindo a criação de zonas de preservação ambiental e a definição de áreas de risco controlado. Desta forma, o planejamento urbano se fortalece, protegendo a população e os bens públicos contra os impactos adversos dos eventos hidrológicos extremos.

OBJETIVOS

Avaliar a suscetibilidade a inundações na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema, em Ipatinga – Minas Gerais, pelo Processo Analítico Hierárquico. Como objetivos específicos tem-se:

- Estabelecer critérios dentro da metodologia de AHP para avaliação da suscetibilidade a inundações;
- Elaborar os mapas temáticos a partir das características morfométricas e hidrológicas estudadas;
- Analisar a distribuição espacial da suscetibilidade a inundações na Bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Ipatinga pertence a mesorregião do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, com 164,88 km² de extensão territorial, onde 36,82km² são de área urbanizada, e 227.731 habitantes, sendo uma das dez mais populosas do estado (IBGE,2021; PREFEITURA DE IPATINGA, 2019). Retratando-se a Bacia do Ribeirão Ipanema, a bacia coincide quase integralmente com o limite municipal de Ipatinga, com área de drenagem de 152 km². Devido a extensão da BH do Ribeirão Ipanema observa-se diferentes formas de ocupação ao longo da mesma, sendo a parte mais próxima do seu exutório localizada na região mais urbanizada, nos bairros Veneza, Iguazu, Canaã e Bethânia. A zona rural, por sua vez, se concentra nas localidades de Barra Alegre, Pedra Branca e Ipaneminha. A Figura 1 apresenta o mapa de localização do município.

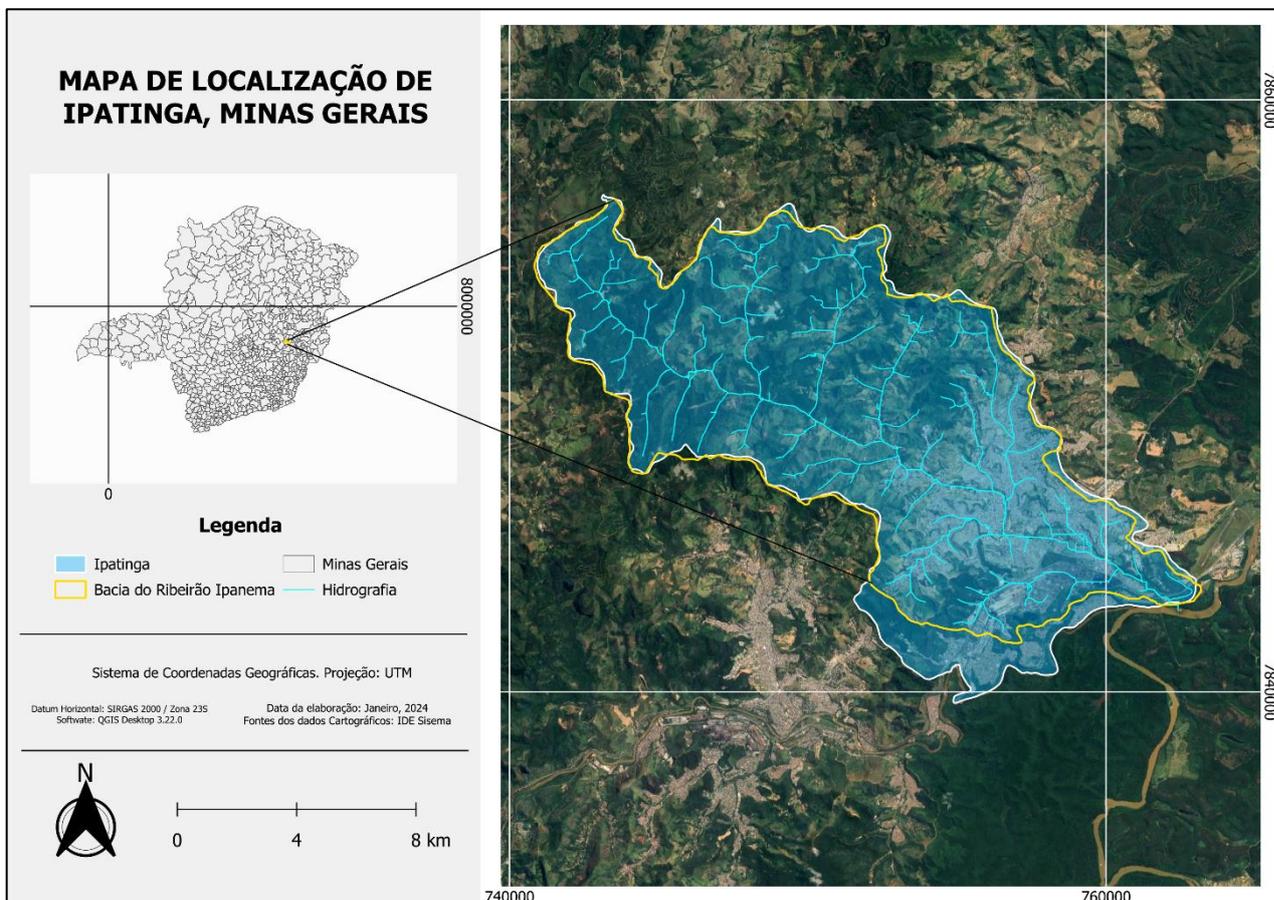


Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Ipatinga, Minas Gerais.

MÉTODO DO PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO (AHP)

A análise de suscetibilidade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema foi delimitada pelo Processo Analítico Hierárquico, sendo o plano de ação do estudo definido na Figura 2.

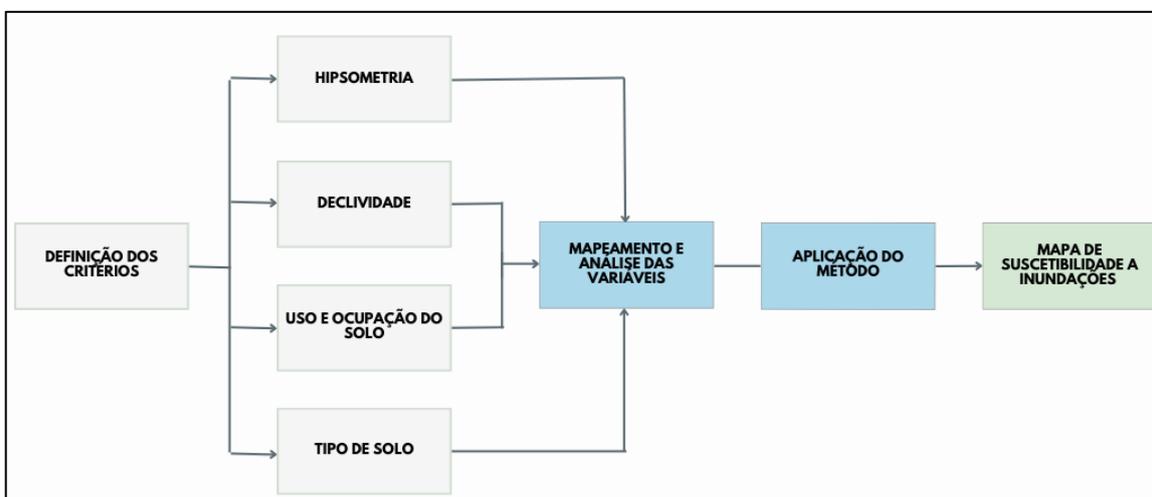


Figura 2 – Plano de ação para aplicação do método AHP.

Fonte: Adaptado de Porchmann (2014).



Para estabelecer os critérios de avaliação da suscetibilidade a inundações, foi conduzida uma revisão bibliográfica utilizando o Google Acadêmico, empregando os termos "Processo Analítico Hierárquico" e "Suscetibilidade a Inundações". A pesquisa identificou inicialmente 52 trabalhos, dos quais 32 foram considerados pertinentes após a análise dos resumos. Os outros 20 trabalhos foram excluídos por não estarem diretamente relacionados ao tema ou por terem sido publicados há mais de dez anos.

A definição dos critérios principais para avaliar a suscetibilidade a inundações baseou-se na análise dos trabalhos encontrados, identificando os critérios mais frequentemente mencionados: declividade, hipsometria, tipo de solo e uso e ocupação do solo. Esses critérios foram corroborados por Santos (2010), que destacou a altitude, declividade, uso e ocupação do solo e tipo de solo como os fatores mais influentes na ocorrência de enchentes e inundações. A Figura 3 destaca os detalhamentos e resultados, onde ressaltam-se os 4 principais critérios obtidos.

Palavras - chave	Banco de dados	Seleção	Definição de critérios
Processo Analítico Hierárquico Suscetibilidade a Inundações	Google Acadêmico	52 artigos encontrados 20 descartados (fora de enfoque) 32 selecionados para leitura	Declividade Hipsometria Tipo de solo Uso e ocupação do solo

Figura 3 – Síntese da Revisão Bibliográfica para definição dos critérios.

Vale ressaltar que os critérios definidos possuem uma importância e relação com a suscetibilidade a inundações, dessa forma, foram estudados de maneira isolada a permitir que se avaliasse qual a relação de cada um deles com a ocorrência de inundações. Assim, procede-se a elaboração do mapa de suscetibilidade e dos demais parâmetros separadamente através do *software* Q-GIS.

Após este processo, torna-se possível organizar os critérios em uma matriz quadrada, em que cada elemento representa a comparação entre os critérios e a importância relativa entre eles. Tornando-se possível estabelecer a comparação entre os pares de critérios conforme elencado por Saaty (1977), que aplicou uma escala de pesos com base na ordem de importância, como ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala Fundamental de Importâncias dos critérios julgados pelo método AHP.

Intensidade da importância	Definição	Explicação
1	Igual Importância	Ambos os itens (critérios ou alternativas) contribuem igualmente para atingir o objetivo
3	Importância Moderada	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente um item (critérios ou alternativas) sobre o outro
5	Forte Importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente um item sobre o outro
7	Importância Muito forte	Um item é muito fortemente favorecido em detrimento de outro; sua dominância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta ou extrema importância	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é da mais alta ordem possível de afirmação
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma solução de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (1977).

Após a estruturação de todas as variáveis consideradas para a análise multicritério, procede-se à organização hierárquica. Em seguida, calcula-se o autovetor (w), que é a representação em forma de matriz dos pesos atribuídos a cada critério em relação à sua importância para a ocorrência de eventos de cheia. Para obter esse autovetor, é



necessário calcular a média de cada linha da matriz normalizada. A determinação desse vetor é crucial para combinar as camadas raster de cada critério e gerar o mapeamento das áreas suscetíveis a inundação. Enfim, para verificar a consistência lógica dos julgamentos, estima-se que o autovalor máximo deve ser igual ao número de linhas da matriz de comparação pareada, como na Equação 1, a seguir:

$$\lambda_{\text{máx}} = T \times w \quad \text{equação (1)}$$

Em que o valor T representa os pesos de grau de importância atribuídos à matriz, enquanto w é o autovetor obtido pela soma das colunas da matriz pareada para cada critério. A partir disso, calcula-se o índice de consistência IC, que é dado pela Equação 2

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n(n-1)} \quad \text{equação (2)}$$

Após a aplicação do AHP, é essencial verificar a Razão de Consistência (RC). De acordo com Saaty (1980), a RC deve ser menor que 0,10 para que o resultado seja considerado consistente e seguro. Essa razão é calculada como a divisão entre o Índice de Consistência (IC) e o Índice de Aleatoriedade (IR), obtido a partir da Tabela 2 proposta por Saaty (1980) para matrizes quadradas de ordem n.

Tabela 2 - Índice de Consistência Randômico.

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

Fonte: Adaptado de Saaty (1980)

Em seguida, realiza-se a normalização dos fatores escolhidos atribuindo valores em uma escala de 1 a 10 para cada classe, onde 10 representa a maior suscetibilidade a inundação e 1, a menor. Esse processo foi realizado por meio da opção 'reclassify' no *software* QGIS. Para normalizar os raster obtidos a fim de estabelecer uma escala comum entre eles, a Equação 3 é utilizada.

$$N = \frac{V - V_{\text{min}}}{V_{\text{máx}} - V_{\text{min}}} \quad \text{equação (3)}$$

Sendo: N a normalização; V o valor em análise; V_{min} o valor mínimo do conjunto; e $V_{\text{máx}}$ o valor máximo do conjunto.

A etapa final de confecção do mapa de suscetibilidade a inundações na bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema é realizada a partir da Equação 4 que realiza o somatório de todos os rasters dos fatores multiplicados pelos seus respectivos pesos de importância. O resultado é um Raster de Suscetibilidade a Inundações (RSI) com variação de 0 (muito baixa) a 1 (muito alta).

$$RSI = (w_1 \times H) + (w_2 \times D) + (w_3 \times US) + (w_4 \times TS) \quad \text{equação (4)}$$

Sendo: H a hipsometria; D a declividade; US o uso do solo; TS o tipo do solo; e w_1 , w_2 , w_3 e w_4 os autovetores atribuídos a cada fator.

RESULTADOS OBTIDOS

Após a normalização das variáveis estudadas foram confeccionados os respectivos mapas com os valores atribuídos e seus pesos. As Figuras 4,5,6 e 7 apresentam os mapeamentos obtidos para a área de estudo, sendo na legenda destacados os pesos associados aos parâmetros.

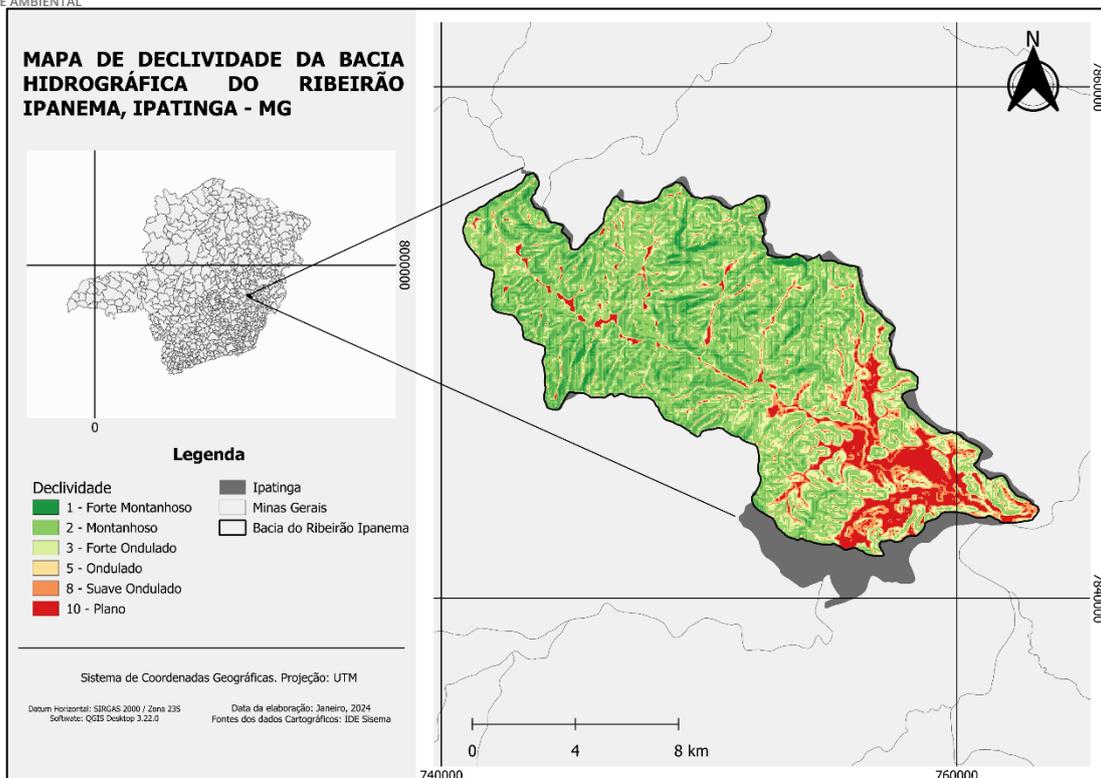


Figura 4 – Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema, Ipatinga-MG.

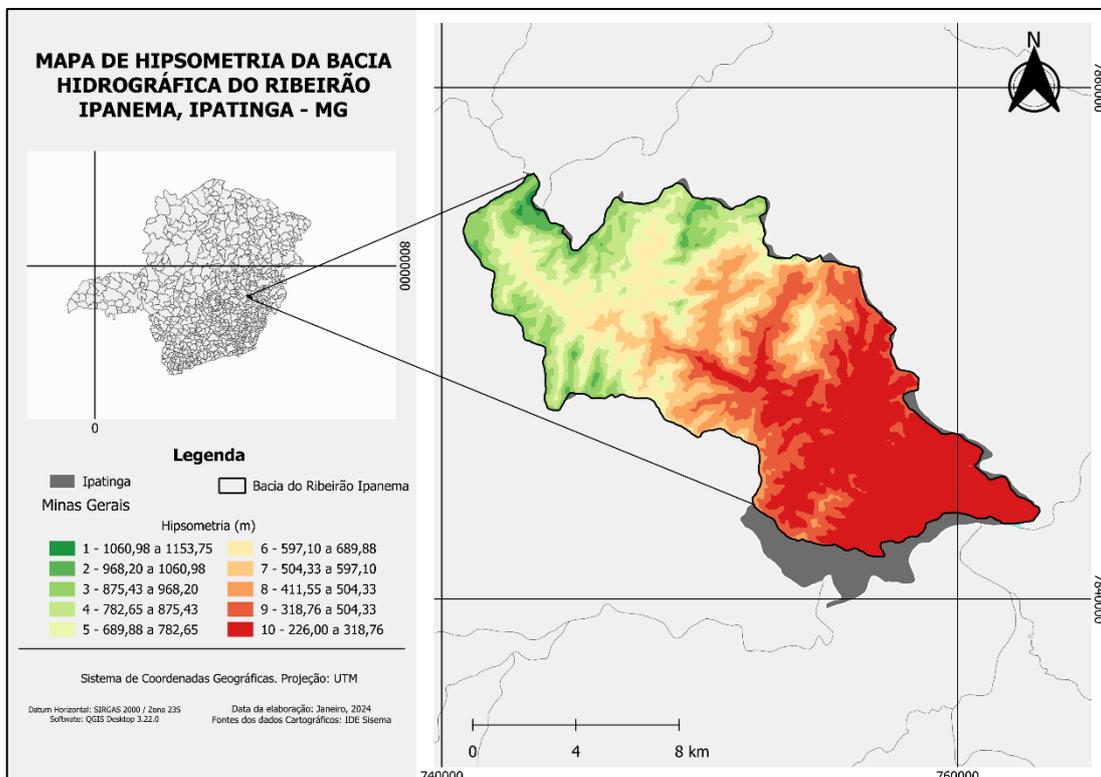


Figura 5 – Mapa de Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema, Ipatinga-MG.

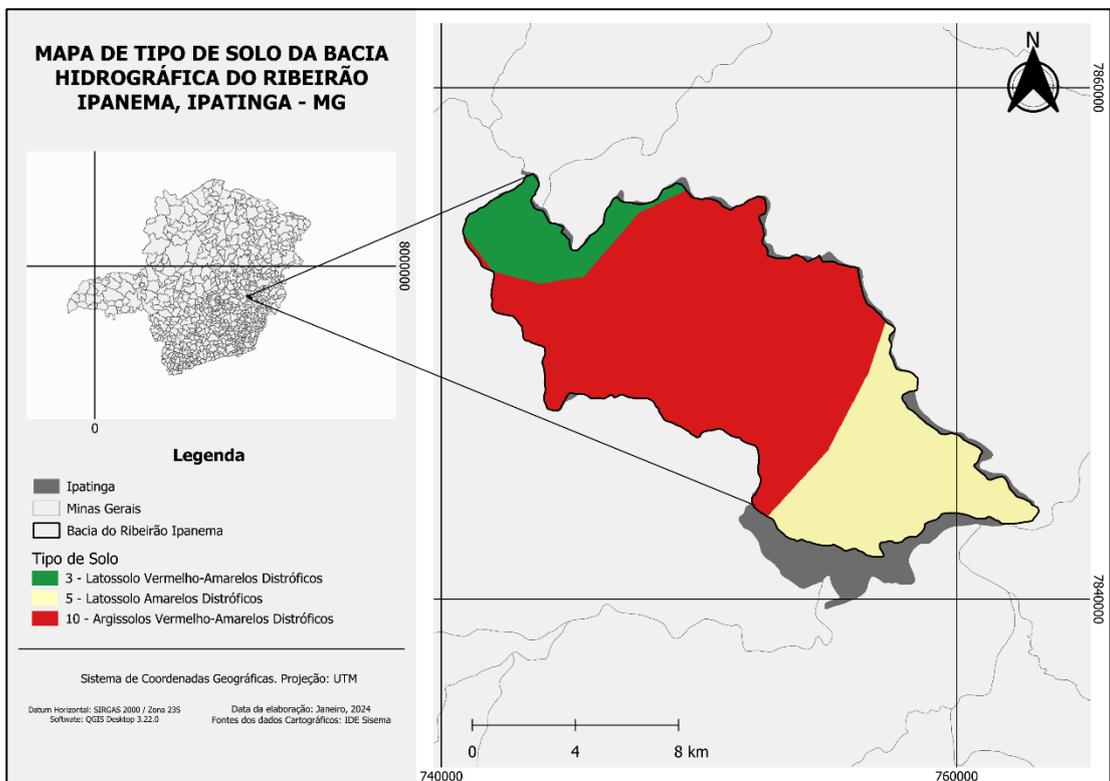


Figura 6 – Mapa de Tipo de Solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema, Ipatinga-MG

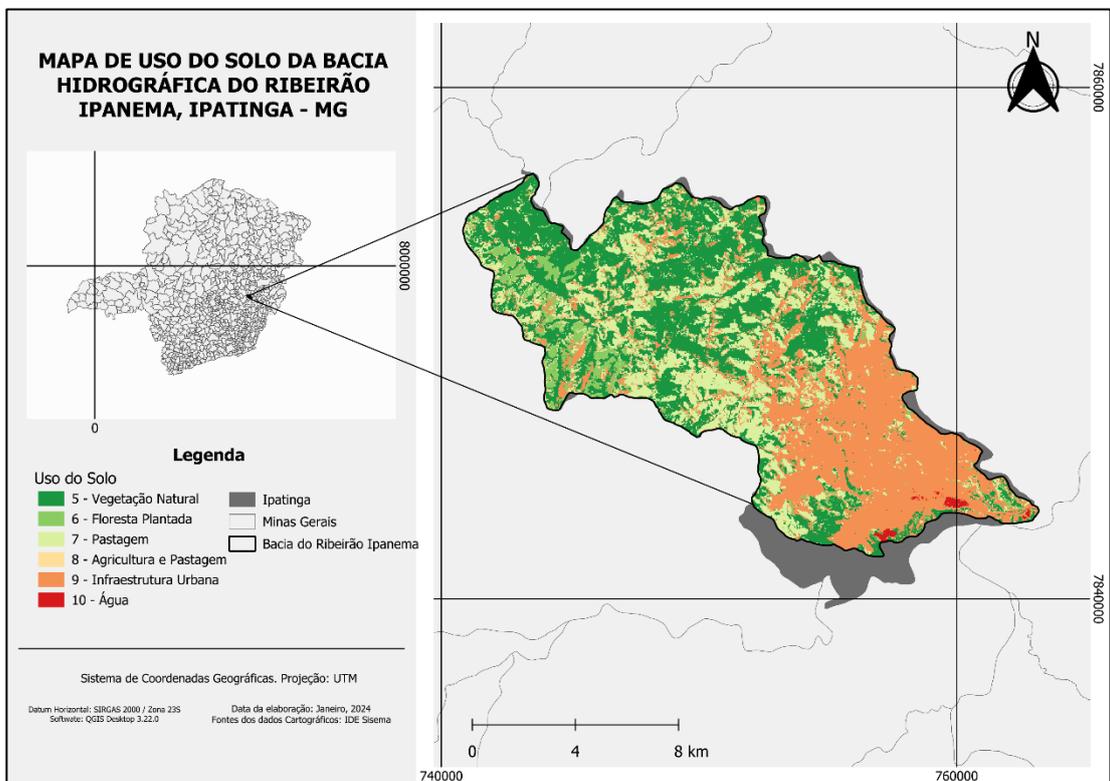


Figura 7 – Mapa de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema, Ipatinga-MG.



Obtidas as classificações das variáveis e os mapas temáticos confeccionados, obtém-se a estrutura do AHP, em que se dispõe dos objetivos, critérios e alternativas, sendo possível aplicar a matriz de comparação pareada, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Matriz Pareada

Critério	Hipsometria	Declividade	Uso do Solo	Tipo de Solo
Hipsometria	1,00	2,00	5,00	7,00
Declividade	0,50	1,00	5,00	7,00
Uso do Solo	0,20	0,20	1,00	2,00
Tipo de Solo	0,14	0,14	0,50	1,00

A partir dos valores normalizados e baseando-se na equação 4 apresentada anteriormente, apresenta-se a Equação 5 que externaliza os autovetores para cada parâmetro analisado onde obtém-se o Raster de Suscetibilidade a Inundações (RSI).

$$RSI=0,45H+0,40D+0,10US+0,05TS$$

equação (5)

A Tabela 4 apresenta os resultados dos parâmetros do método AHP.

Tabela 4 – Resultados obtidos do método AHP

$\lambda_{\text{máx}}$ (autovalor)	IC	IR	RC
4,117	0,039	0,890	0,044

Na Figura 8 é apresentado o mapa de suscetibilidade a inundações para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema, dividido em 5 classes.

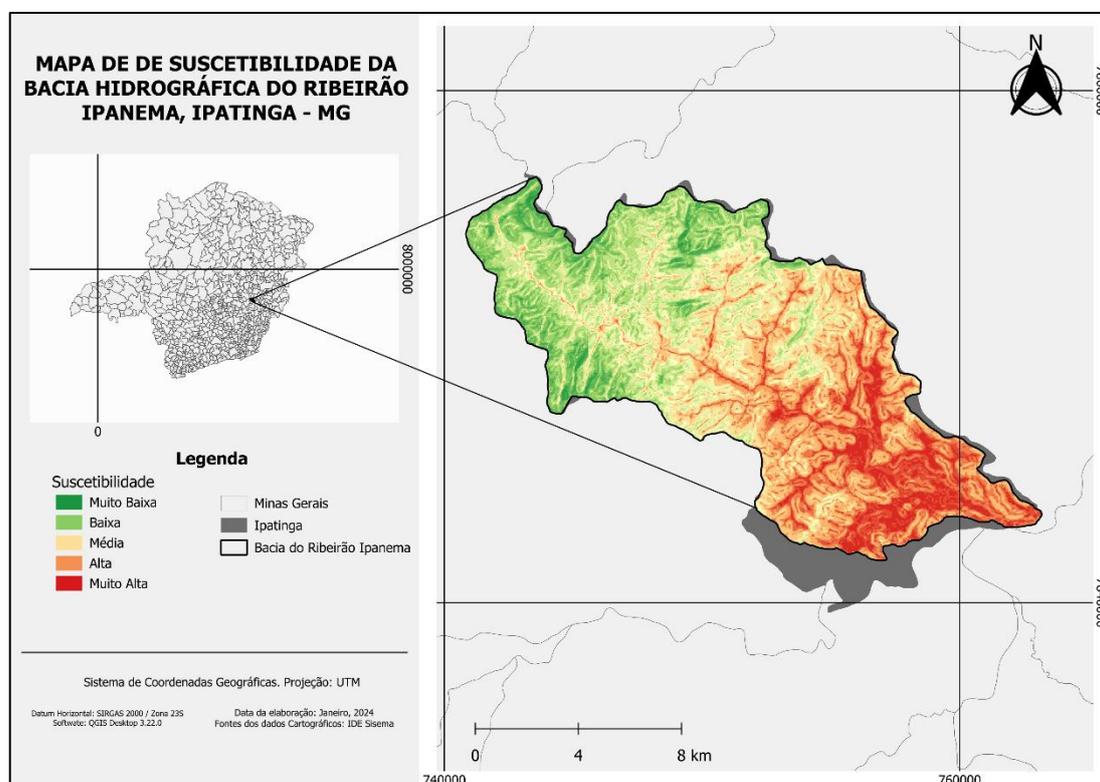


Figura 8 – Mapa de Suscetibilidade a Inundações da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema, Ipatinga - Minas Gerais.



ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

A Figura 8 demonstra que a maior parte da bacia hidrográfica está localizada em relevo montanhoso, o que pode acarretar em um aumento da suscetibilidade a inundações nas regiões de relevo mais plano, onde se encontram as áreas urbanizadas. Locais mais declivosos possuem uma maior velocidade de escoamento, fazendo com que o acúmulo de água em regiões mais planares seja ainda maior. Para Prochmann (2014), a declividade é uma das mais influentes na suscetibilidade a inundações.

O mapa hipsométrico externaliza que a região central da cidade concentra altitudes baixas a médias em relação ao nível do mar, favorecendo a ocorrência de inundações, como proposto por Fernandes (2016), ao citar que em menores altitudes, maior a suscetibilidade a inundações. Os pontos de menores altitudes encontram-se próximos ao curso d'água principal da BHRI e próximo do seu exutório, sendo um fator que propicia a suscetibilidade a inundações.

Quanto ao tipo de solo, aproximadamente 65% da área total da bacia hidrográfica de estudo se encontra possui solo caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, que foi o solo que recebeu menor peso na análise AHP. O restante da bacia possui solo do tipo Latossolo Amarelo Distrófico (25%), peso médio, se encontra exatamente na área mais urbanizada da bacia. O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (10%), com maior suscetibilidade, se encontra na fração mais a noroeste da mesma.

O município de Ipatinga concentra sua principal atividade econômica na indústria metalúrgica e teve seu crescimento econômico e populacional condicionado a isso. Pelo mapa de uso e ocupação do solo é possível observar a concentração da infraestrutura urbana na região próxima a USIMINAS, maior empresa da região. Entretanto, como a urbe possui uma área de extensão relativamente alta, observa-se certa diversidade de uso e ocupação do solo, com a presença de florestas plantadas, pastagem, agricultura e outras atividades para além da ocupação urbana.

Dentre as cinco classes de suscetibilidades sugeridas, a área identificada como muito alta suscetibilidade é a área central da cidade, resultado que coincide com o observado nos mapas de declividade, hipsometria e uso do solo. Os pontos identificados como alta e mediana suscetibilidade a inundação se encontram na fração mais distante da região central, onde a densidade demográfica é mais acentuada, sugerindo que a impermeabilização do solo seja um fator determinante para o aumento da suscetibilidade a inundação.

CONCLUSÕES

A partir da aplicação do método AHP foi possível evidenciar os locais de atenção à ocorrência de inundações no município de Ipatinga-MG, na bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema. O emprego do método AHP, e de outros métodos semelhantes, propiciam uma caracterização mais fidedigna e expõe particularidades da região de estudo.

Pela avaliação da bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema, foi possível notar a elevada fragilidade de locais próximos à planície de inundação do Ribeirão e predisposição natural desses locais à ocorrência de inundações, alagamentos e enchentes. Além disso, se observou a existência de condicionantes antrópicas que se tornam um sério agravante à suscetibilidade a inundações na região. A exemplo do uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água, a disposição irregular de resíduo nas proximidades dos leitos, as alterações nas características da bacia hidrográfica (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outras) e o desmatamento e intenso processos de erosão do solo e de assoreamento dos cursos d'água.

Dessa forma, pode-se concluir que a região mais suscetível a inundações se concentra exatamente próximas ao exutório da bacia hidrográfica de estudo, em que o Ribeirão Ipanema deságua no Rio Doce, na região central da cidade. Os resultados obtidos pelo presente trabalho se mostram condizentes ao observado na realidade, como os bairros que mais sofrem com ocorrência de inundações, alagamentos e enchentes, e pelo que foi levantado em campo por órgãos públicos, como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e a Defesa Civil Municipal. Assim, se faz interessante para trabalhos futuros, avaliar a suscetibilidade a inundações em microbacias do Ribeirão Ipanema, de forma a fornecer resultados mais direcionados e em menor escala.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ipatinga/pesquisa/10087/76819>
2. DE ARAÚJO, Scarlet da Encarnação et al. Impactos do uso do solo na qualidade da água e comunidade periférica de sistemas lóticos. 2022.
3. DRUMOND, Rafael Augusto Santos; ALMEIDA, Renan Pereira; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. Mudanças climáticas e Plano Diretor: mitigação de inundações em Belo Horizonte. Cadernos Metrópole, v. 25, p. 899-922, 2023.
4. FERNANDES, N. S. Mapeamento de Áreas Suscetíveis a Inundação em Santa Maria, RS. Orientador: Prof. Dr. Roberto Cassol. 2016. 105 p. Dissertação (Mestre em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
5. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Guia Cartas Geotécnicas: orientação básicas aos municípios. São Paulo: IPT, 2015
6. OLIVEIRA, Alinne Prado; BARBASSA, Ademir Paceli; GONÇALVES, Luciana Márcia. “Aplicação de técnicas compensatórias de drenagem na requalificação de áreas verdes urbanas em Guarulhos-SP”. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 4, n. 9, 2016.
7. PEREIRA, Julianna A. et al. MODELAGEM HIDRÁULICO-HIDROLÓGICA: UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS. 2022.
8. PREFEITURA DE IPATINGA. Ipatinga: uma cidade vocacionada para o desenvolvimento. 14 jun. 2019. Disponível em: < <https://www.ipatinga.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/ipatingauma-cidade-vocacionada-para-o-desenvolvimento/95198>>. Acesso em: 06 dez. 2021.
9. PROCHMANN, João Ricardo et al. Análise espacial da susceptibilidade a inundações na Bacia hidrográfica do Córrego Grande, Florianópolis-SC. 2014.
10. RIBEIRO, Lucas Cordeiro; NUNES, Aline Araújo. Controle de Escoamento superficial em uma Bacia Urbana com a utilização de Telhado Verde. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 10, p. 77297-77306, 2020. RIBEIRO, L. C; NUNES, A. A. Controle de Escoamento superficial em uma Bacia Urbana com a utilização de Telhado Verde. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 10, p. 77297-77306, 2020.
11. SAATY, Thomas Lorie. The analytic hierarchy process (AHP). The Journal of the Operational Research Society, v. 41, n. 11, p. 1073-1076, 1980.
12. SAMANTA, Ratan Kumar et al. Mapeamento de susceptibilidade a inundações usando técnica de razão de frequência geoespacial: um estudo de caso da Bacia do Rio Subarnarekha, Índia. Modelagem de Sistemas Terrestres e Meio Ambiente , v. 395-408, 2018.
13. SANTOS, A. R. ArcGIS 9.3 Total: Aplicações para Dados Espaciais. 2. ed. Alegre:Caufes, 2010. 184 p.
14. SCHATZ, Bruna Cassiano. Análise da susceptibilidade à inundação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Enxofre por meio de ferramentas de geoprocessamento. 2022.
15. SCHATZ, Bruna Cassiano. Análise da susceptibilidade à inundação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Enxofre por meio de ferramentas de geoprocessamento. 2022.
16. SILVA, Marcus Vinícius Pereira; SILVA, Brenda Caroline Sampaio; LIMA, Ilale Ferreira. Análise da vulnerabilidade ambiental do município São João da Ponta, Pará: o uso do geoprocessamento na gestão de unidades de conservação. Cerrados, v. 18, n. 1, p. 159-188, 2020.
17. VASCONCELOS, Sueli Gentil. Geomorfologia e urbanização no Vale do Aço: as planícies e a cidade de Ipatinga-Minas Gerais. 2002.