



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP

Adriano da Rocha Ferreira

Monografia apresentada como
requisito parcial da disciplina de
Introdução ao Geoprocessamento
ministrada por PhD. Antônio
Miguel Vieira Monteiro e Dr.
Cláudio Clemente Faria Barbosa

INPE
São José dos Campos
2020

RESUMO

O processo acelerado de urbanização nas últimas décadas tem elevado a taxa da população urbana no Brasil, os sintomas desse processo refletem diretamente sobre o sistema hídrico, ocasionando inclusive problemas relacionados ao uso e ocupação do solo. Além disso, os efeitos do processo de urbanização acarreta em impactos negativos para a população como por exemplo as inundações que se dão a partir da evolução de processos de cheias ou enchentes. As inundações são fenômenos associados a fatores naturais e antrópicos e podem ser classificadas de acordo com a ocorrência desses eventos. Afim de evitar os impactos negativos dos processos de inundações, o estudo desses processos é necessário para um melhor planejamento urbano. Neste contexto, o presente estudo apresenta uma metodologia pra definir as áreas de suscetibilidade a inundações no município de São José dos Campos. A metodologia divide-se em duas etapas principais. A primeira consiste na obtenção de um mapa de média ponderada por pesos obtidos por meio da técnica de comparação pareada AHP. A segunda etapa é a obtenção de um mapa de sensibilidade que visa gerar um indicador de sensibilidade do índice espacial de suscetibilidade à mudança de pesos da AHP. Os resultados mostraram que tanto o índice de suscetibilidade quanto o de sensibilidade são heterogêneos no espaço. As áreas mais suscetíveis foram encontradas na região próximo ao rio Paraíba do Sul, na parte centro sul da área de estudo. As áreas mais sensíveis a mudança dos pesos da AHP, foram encontradas nas regiões sul e centro oeste. O método AHP mostrou-se adequado para geração do índice espacial, mesmo podendo gerar resultados diversos, dependentes dos pesos utilizados.

Palavras chave. Suscetibilidade. AHP. Sensibilidade. Inundações.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - Área de estudo.....	4
Figura 2 - Fluxograma geral dos procedimentos metodológicos.....	5
Figura 3 - Variáveis utilizadas.	7
Figura 4 - Matriz de comparação pareada.....	9
Figura 5 - Índice espacial de suscetibilidade a inundação no município de São José dos Campos.....	12
Figura 6 - Áreas de suscetibilidade, considerando as regiões geográficas do perímetro urbano de São José dos Campos.....	13
Figura 7 - Índice espacial de suscetibilidade, considerando os bairros de SJC.	14
Figura 8 - Mapa de sensibilidade dos pesos da AHP.....	15

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 - Dados utilizados	5
Tabela 2 - Conjunto de variáveis, premissas e embasamento teórico.	6
Tabela 3 - Pesos utilizados para as classes de relevo.....	8
Tabela 4 - Pesos utilizados para as classes de geologia.	8
Tabela 5 - Pesos utilizados para as classes de uso e cobertura do solo.	9
Tabela 6 - Tabela de pesos da AHP.	11

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 METODOLOGIA.....	4
2.1 Área de estudo	4
2.2 Dados	4
2.3 Procedimentos metodológicos.....	5
2.4 Análise Multicritério.....	9
2.5 Análise de sensibilidade	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, o Brasil experimentou um crescimento expressivo da população urbana, criando-se as chamadas regiões metropolitanas. O crescimento urbano elevou a taxa de população urbana brasileira acima de 80%, próxima à saturação, transformando o Brasil em um país essencialmente urbano. A partir da década de 1960 o processo de urbanização deu-se de forma acelerada, resultando em uma população urbana praticamente sem infraestrutura, sobretudo na década de 80, período em que os investimentos nesta área foram reduzidos. (TUCCI, 2000, 2012).

Os efeitos do processo de urbanização recaem sobre todo o sistema urbano associado aos recursos hídricos que englobam o abastecimento de água, o transporte e tratamento de esgotos cloacais e drenagem pluvial (TUCCI, 2000). Além disso, a urbanização acarreta, diretamente, em problemas relacionados ao uso e ocupação do solo refletindo também, em impactos diretos sobre os recursos hídricos. Os principais problemas associados ao uso do solo são: a expansão irregular sobre áreas de mananciais para abastecimento humano, a ocupação de áreas de inundações pela população de baixa renda, aumento da densidade habitacional e, conseqüentemente, aumento da demanda de água e da carga de poluentes sem tratamento de esgoto. Além disso, o planejamento urbano tem resultado em uma alta impermeabilização de áreas públicas e da canalização de rios que são cobertos por superfícies impermeáveis, ocasionando inundações em diferentes locais de drenagem (TUCCI, 2012).

De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2014), as inundações podem ser entendidas como os processos hidrológicos nos quais há o atingimento e submersão da planície aluvial pelo transbordamento das águas do canal principal do rio. Esses processos se dão devido à evolução do processo de enchente ou cheia e caracterizam-se pela elevação temporária do nível d'água em relação ao leito regular do canal em uma determinada bacia de drenagem. O aumento da vazão d'água, comumente são ocasionados por chuvas de longa duração e índices pluviométricos acumulados elevados.

Tucci (1999) afirma que as inundações em áreas urbanas são fenômenos associados a fatores naturais e ocorrem devido ao comportamento natural dos rios ou podendo ser intensificados por fatores antrópicos. O mesmo autor ressalta ainda que processos naturais e antrópicos podem atuar de maneira integrada nas inundações em áreas urbanas. Ainda de acordo com Tucci (1999), as inundações podem ser diferenciadas conforme se dá a ocorrência desses eventos e podem ser classificadas em inundações ribeirinhas e devido a urbanização.

As inundações ribeirinhas, aquelas decorrentes do processo natural do ciclo hidrológico, no qual o rio escoar pelo seu leito. Quando a precipitação é intensa e o solo não é capaz de absorver, grande parte do volume escoar para o sistema de drenagem indo além de sua capacidade de escoamento. O volume excedente que não é drenado ocupa a várzea causando inundações nas áreas mais próximas aos rios. As inundações podem ainda, ocorrer devido urbanização. À medida que a cidade se urbaniza há o aumento das áreas impermeabilizadas, acelerando o escoamento por sistemas de drenagem, aumentando o volume de água que chega a estes sistemas ocasionando inundações mais frequentes.

Desta forma, o estudo desses processos é importante para identificar e avaliar ameaças de modo a evitar ou reduzir a ocorrência de impactos negativos decorrentes desses processos (PNPDEC, 2012). Esses estudos, são necessários também, para um bom planejamento dos municípios quanto ao uso e ocupação do solo. Além disso, o conhecimento prévio de suscetibilidade dos terrenos é importante para identificar a predisposição destes ao desenvolvimento de fenômenos do meio físico. Suscetibilidade pode ser entendido como a predisposição dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico, que é o conceito utilizado neste estudo.

Para Cerri e Amaral (1998), Fell et al. (2008) e Julião et al. (2009), outros termos associados ao conceito de suscetibilidade são importantes para sua melhor compreensão como por exemplo ameaça. A ameaça é um fenômeno do meio físico cuja dinâmica pode gerar consequências negativas aos elementos expostos (pessoas e edificações). A vulnerabilidade é o grau de perda ou danos

que varia de 0 (sem perdas e danos) a 1 (com perdas e danos totais). O perigo é uma condição com potencial para causar consequências negativas em um dado período de tempo. E, por fim, o Risco que é a medida da ameaça e consequências (financeiras, bens e vidas) que poderá causar num dado período de tempo.

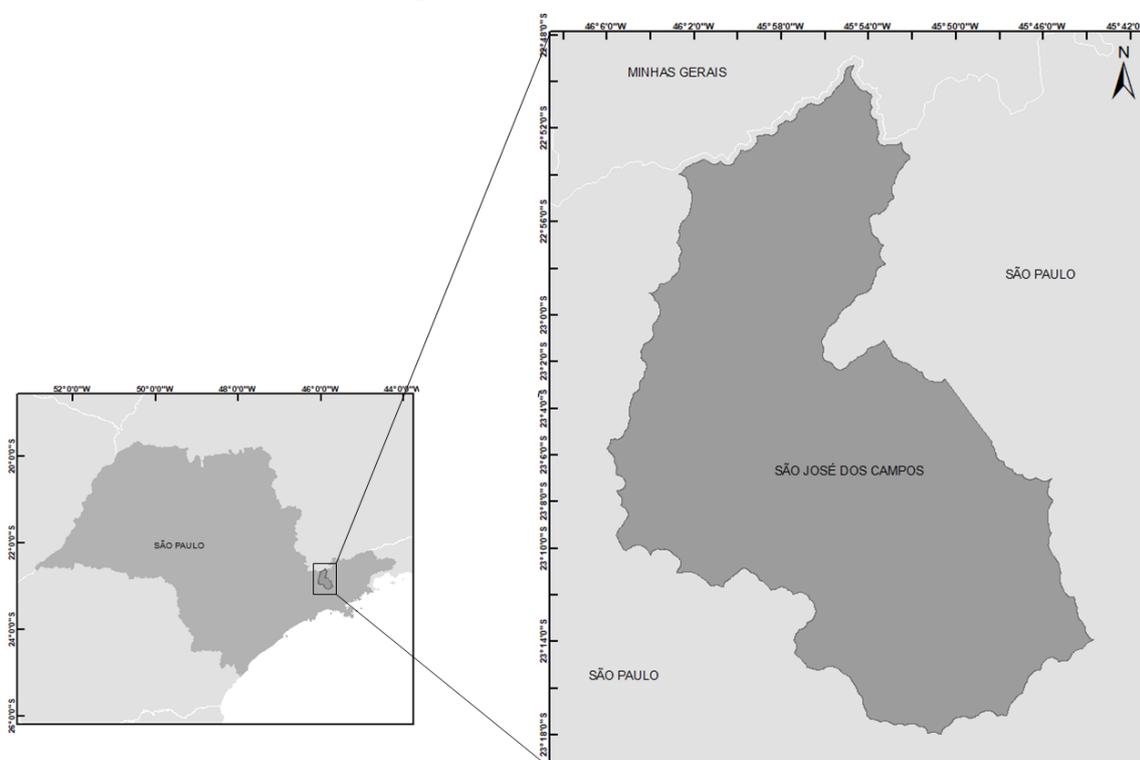
Nesse contexto, e afim de justificar o estudo traz-se as seguintes questões: 1) quais são as áreas mais suscetíveis a inundação no município de São José dos Campos? 2) como é a distribuição espacial das áreas suscetíveis a inundação no município de São José dos Campos. Para responder a essas questões, foram traçados os seguintes objetivos: i) determinar, por meio de análise multicritério, um índice espacial de suscetibilidade a inundação no município de São José dos Campos; ii) apontar com apoio na bibliografia, as variáveis associadas a inundação; iii) definir pesos, por meio da técnica de comparação pareada AHP, para elaboração do mapa suscetibilidade a inundação por meio de média ponderada; iv) realizar a análise de sensibilidade do mapa de média ponderada utilizando o método proposto por Macul (2019).

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A área de estudo é o município de São José dos Campos, localizado na região do Vale do Paraíba, no estado de São Paulo. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), a área territorial é de aproximadamente 1099 km², a população estimada para 2020 é de 729 700 habitantes, a densidade demográfica é de 572,9 hab/km² e o IDHM, em 2010, é de 0,807. O clima é o tropical de altitude com temperaturas variando entre 12 a 30° C. A área de estudo pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Área de estudo.



2.2 Dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos por meio da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e representam variáveis ambientais diversas, tais como dados de precipitação, relevo, geologia e de uso e cobertura da terra. A tabela completa de dados pode ser observada na Tabela 1.

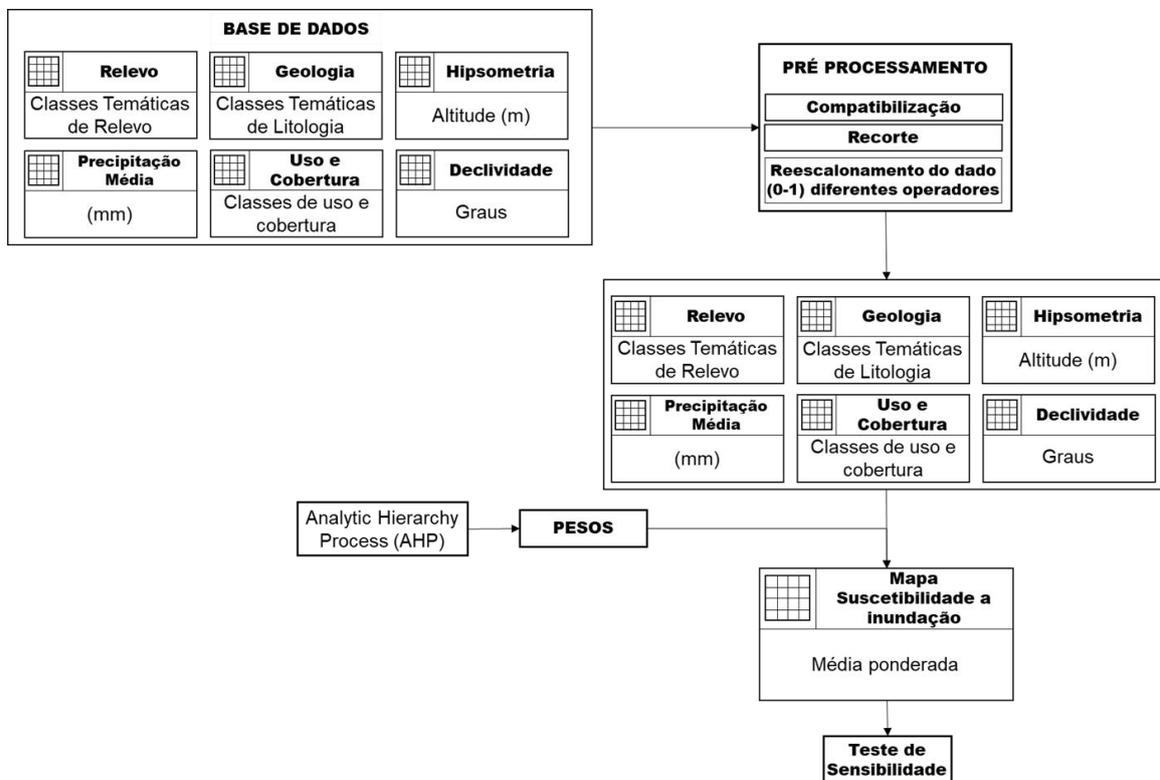
Tabela 1 - Dados utilizados

DADO/VARIÁVEL	FONTE
Mapa de precipitação média	
Mapa de declividade	
Mapa de classes de relevo	CPRM (2010)
Mapa de geologia	
Mapa de hipsometria	
Mapa de uso e cobertura do solo	MAPBIOMAS (2010)

2.3 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos incluem duas etapas principais: a primeira etapa consiste na geração de um indicador espacial de suscetibilidade de inundação utilizando a técnica de comparação AHP (SAATY, 2003). A segunda etapa é um teste de sensibilidade, proposto por Macul (2019) aplicado aos pesos da AHP, para verificação dos efeitos da variação desses pesos no índice espacial de suscetibilidade. O fluxograma geral dos procedimentos metodológicos pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma geral dos procedimentos metodológicos.



Foi realizada um sub-etapa de pré-processamento dos dados para garantir que os mesmos tivessem a mesma projeção, datum e recorte espacial. Em seguida os dados foram reescalados utilizando uma transformação linear, gerando variáveis com valores entre zero e um. Cada variável foi relacionada com o fenômeno estudado por meio de uma premissa/ hipótese embasada na literatura. Por exemplo: considerando a hipsometria, quanto menor a altitude, maior a possibilidade de inundação, pois a altitude influencia no perigo da inundação devido a função de acúmulo de água nas regiões de baixa altitude (MAGALHÃES et al., 2011). O conjunto completo das variáveis com suas premissas/hipóteses pode ser observado na Tabela 2.

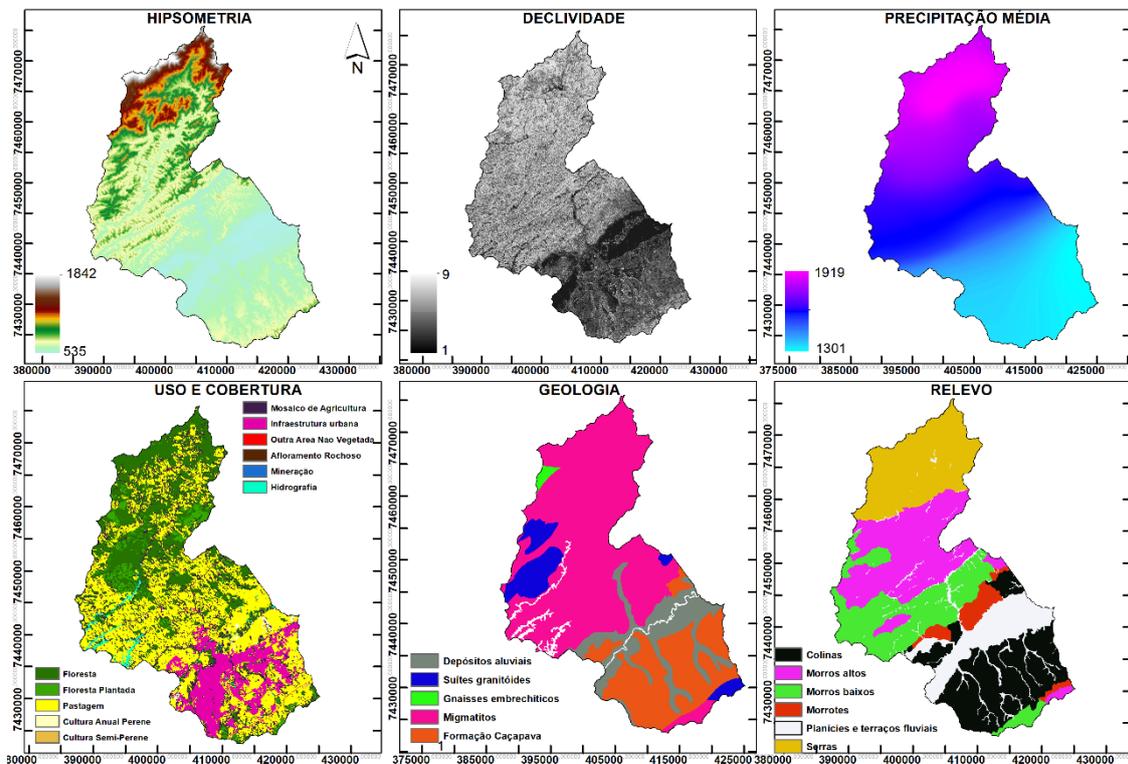
Tabela 2 - Conjunto de variáveis, premissas e embasamento teórico.

VARIÁVEL	PREMISSA	EMBASAMENTO TEÓRICO
Hipsometria	Quanto menor a altitude, maior a possibilidade de inundação	A altitude influencia no perigo a inundação principalmente em função do acúmulo de água nas regiões de baixa altitude (MAGALHÃES et al., 2011)
Declividade	Quanto menor a declividade, maior a possibilidade de inundação	Influencia diretamente no acúmulo de água no terreno, visto que em áreas planas apresentam maiores probabilidades de sofrer inundações do que áreas declivosas (DALFI et al., 2013; OLIVEIRA; VIEIRA, 2017)
Uso e cobertura do solo	De acordo com determinados usos ou coberturas, maior a possibilidade de inundação	Retrata as condições de cobertura do solo, variando de coberturas mais impermeáveis para as menos impermeáveis. As inundações são potencialmente ampliadas pela impermeabilização do solo (QUAN, 2014; RAVAZZANI et al., 2014)
Precipitação	Quanto maior a precipitação, maior a possibilidade de inundação	A precipitação influencia no aumento da vazão que, por sua vez pode saturar a rede de drenagem causando transbordamento para além das calhas naturais (LOUKAS, 2002; RAHMAN et al., 2002).
Geologia	De acordo com a formação geológica, maior a possibilidade de inundação	As unidades geológicas também influenciam nas inundações dadas as características de maior ou menor impermeabilidade do solo.

		Esta característica influencia fundamentalmente na celeridade e volume das inundações, dada a velocidade de percolação da água no solo (FRANCO; SANTO, 2015)
Relevo	Quanto mais plano o terreno, maior a possibilidade de inundação	Assim como a declividade, o relevo influencia de acordo com suas classes. Planícies são mais favoráveis a inundação que morros por exemplo (CPRM, 2014).

O conjunto de variáveis contou com seis variáveis no total. Três variáveis numéricas e três variáveis categóricas. As variáveis numéricas foram hipsometria, declividade e precipitação média. As variáveis categóricas foram uso e cobertura da terra, geologia e classes de relevo. É importante destacar que as variáveis cuja relação com o fenômeno estudado é inversa, foram invertidas subtraindo-se a variável de um. O conjunto de variáveis utilizados pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Variáveis utilizadas.



Às variáveis categóricas foram atribuídos pesos para representar o grau de associação de cada classe de cada variável com fenômeno estudado. Estes pesos foram atribuídos com base na literatura. Para atribuição dos pesos para as classes de relevo, levou-se em consideração a geomorfologia associada a topografia. Assim, quando a classe de relevo possui topografia mais plana, recebe maiores pesos, pois são mais suscetíveis a inundação, tendo como base o estudo da (CPRM, 2014), como pode ser visto da Tabela 3.

Tabela 3 - Pesos utilizados para as classes de relevo.

Classe	Peso
Colina	0
Morros altos	0
Morros baixos	1
Morrotes	2
Planícies e terrações aluviais	6
Serras	1

Para a as classes da variável geologia, levou-se em consideração o grau de associação das classes com a impermeabilização do solo. Assim, as classes mais associadas à impermeabilização do solo receberam maiores pesos, de acordo com o estudo de Campioli e Vieira (2019), como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Pesos utilizados para as classes de geologia.

Classe	Peso
Depósitos aluviais	5
Suítes granitóides	2
Gnaisses embrechíticos	2
Migmatitos	3
Formação Caçapava	3

Para atribuição dos pesos às classes da variável de uso e cobertura, levou-se em consideração classe está mais associada com a impermeabilização do solo. Assim, os usos/coberturas que mais impermeabilizam o solo receberam pesos maiores, de acordo com o proposto por Campioli e Vieira (2019). Os pesos atribuídos às classes de uso e cobertura podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 5 - Pesos utilizados para as classes de uso e cobertura do solo.

Classe	Peso
Floresta	1
Floresta Plantada	2
Pastagem	3
Cultura Anual Perene	3
Cultura Semi-Perene	3
Mosaico de Agricultura e Pastagem	3
Infraestrutura urbana	4
Outra Area Nao Vegetada	3
Afloramento Rochoso	4
Mineração	2
Hidrografia	5

2.4 Análise Multicritério.

A análise multicritério foi realizada por meio técnica de comparação pareada AHP. A AHP é uma técnica de escolha baseada na lógica da comparação pareada proposta por Saaty (2003). A comparação é feita por meio de uma matriz de comparação pareada que relaciona a hierarquia de importância das variáveis considerando o fenômeno estudado, onde quanto maior a intensidade de importância maior o grau de associação da variável com o fenômeno estudado. A matriz de comparação pareada deste estudo pode ser observada na Figura 5.

Figura 4 - Matriz de comparação pareada.



	Hipsometria	Declividade	Uso do solo	Relevo	Geologia	Precipitação
Hipsometria	1	1	5	5	9	9
Declividade	1	1	5	5	7	9
Uso do solo	0,2	0,2	1	3	5	7
Relevo	0,2	0,2	0,333	1	3	5
Geologia	0,111	0,143	0,2	0,333	1	3
Precipitação	0,111	0,111	0,143	0,2	0,333	1

2.5 Análise de sensibilidade

A realização da análise de sensibilidade foi feita de acordo com a metodologia proposta por Macul (2019). A partir da definição da matriz de comparação pareada e da obtenção dos pesos pela AHP foi realizada uma simulação com soma e subtração de 0,5 aos pesos da AHP. Essa simulação foi repetida 1000 vezes, obtendo-se 1.000 pesos diferentes para avaliar a razão de consistência. Os pesos cuja razão de consistência é maior do 0.1 foram eliminados e o restante foi utilizado para os cálculos das médias ponderadas. Em seguida, foi realizado a diferença entre o 1º e o 3º quartil das médias ponderadas simuladas, obtendo-se a sensibilidade dos pesos. Quanto maior a diferença entre o 1º e o 3º quartil das médias ponderadas, maior a sensibilidade da AHP a variação dos pesos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da aplicação da técnica de comparação pareada AHP, obtiveram-se os pesos das variáveis. Para saber se a hierarquização faz sentido, a razão de consistência deve ser menor que 0,1. A razão de consistência (RC) é a tolerância permitida, indica se os dados estão logicamente relacionados. Essa RC é estimada pela expressão:

$$RC = IC/IR.$$

onde IC é o índice de consistência e IR é o índice tabelado (random).

$$IC = (\mu - n) / (n-1)$$

onde n é o número de fatores e μ é o valor médio do vetor de consistência.

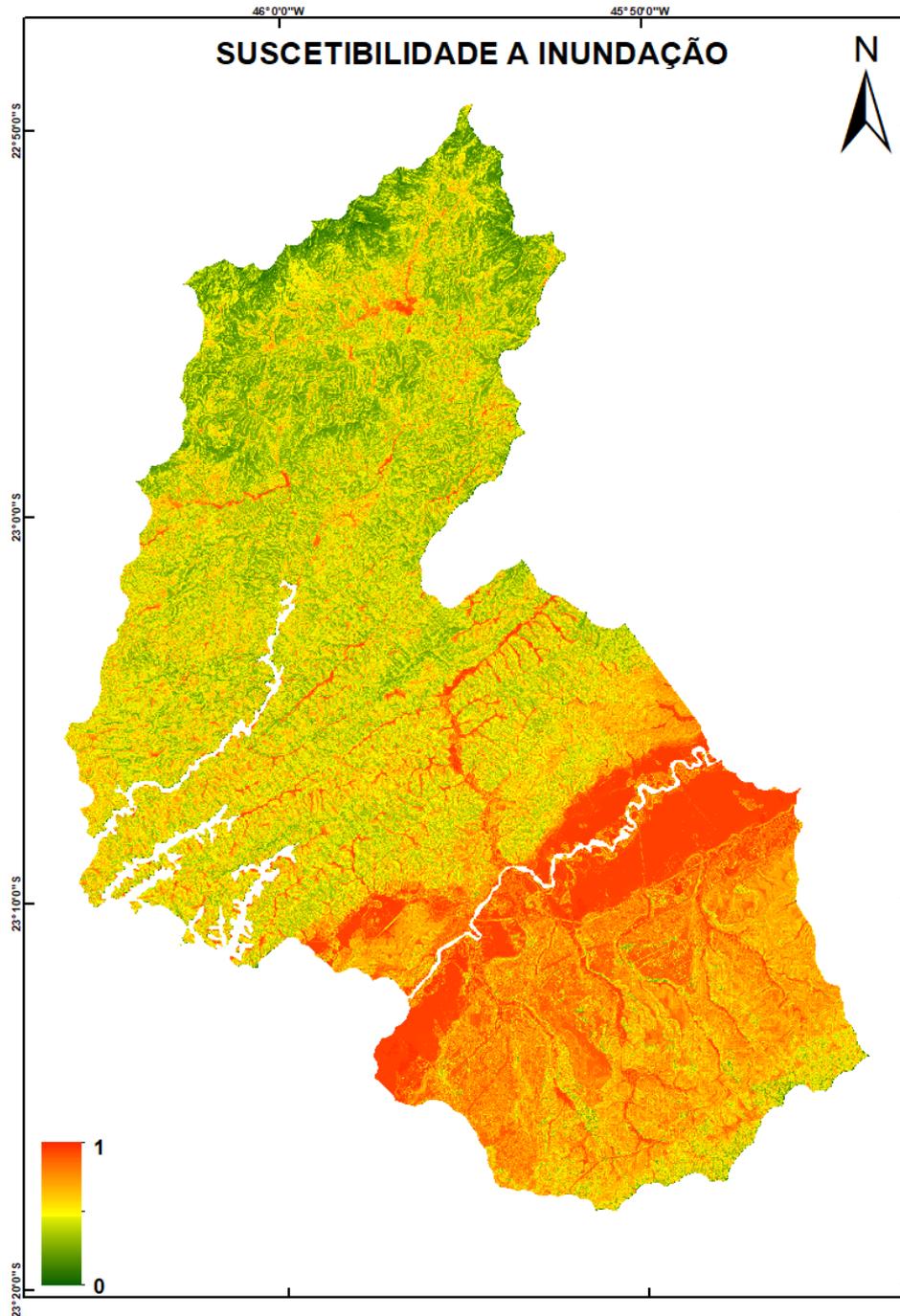
O índice de consistência e a razão de consistência apresentaram valores de 0,092 e 0,074, respectivamente. Estes valores indicam que os dados estão logicamente relacionados e que os pesos aplicados às variáveis fazem sentido. A relação de pesos utilizadas para geração do índice espacial de suscetibilidade a inundação pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Tabela de pesos da AHP.

VARIÁVEL	PESOS
Hipsometria	0,358
Declividade	0,345
Uso do solo	0,141
Relevo	0,086
Geologia	0,044
Precipitação	0,025

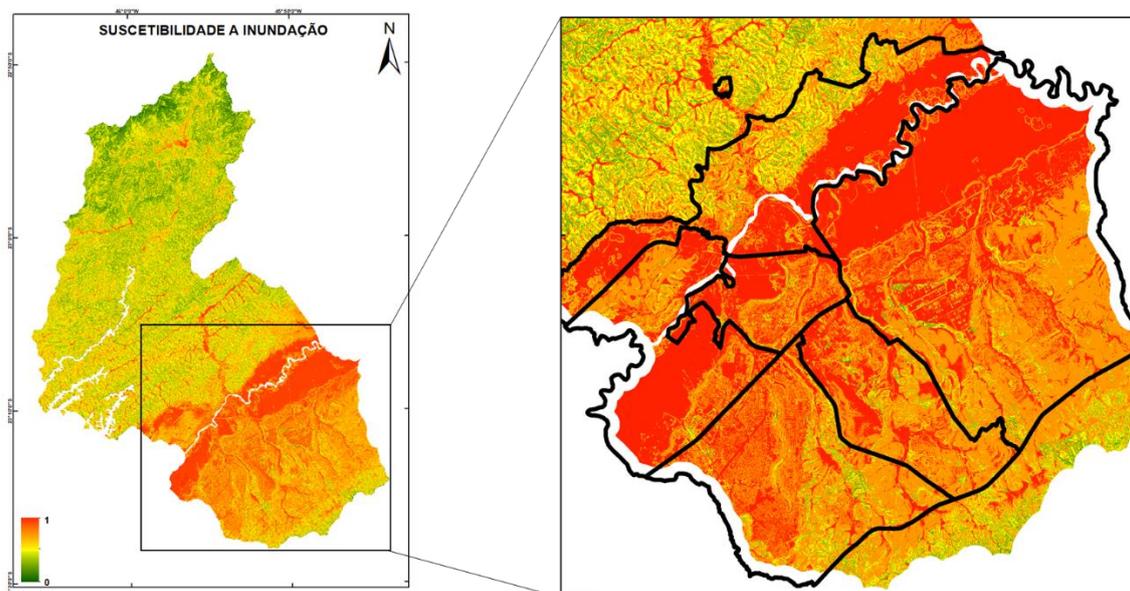
O índice espacial de suscetibilidade a inundação se mostrou heterogêneo ao longo do município de SJC. As áreas mais suscetíveis se concentraram na região centro sul, próximas ao rio Paraíba. As áreas com suscetibilidade intermediária a inundação se concentrou nas regiões centro norte e sul do município como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Índice espacial de suscetibilidade a inunda o no município de São José dos Campos.



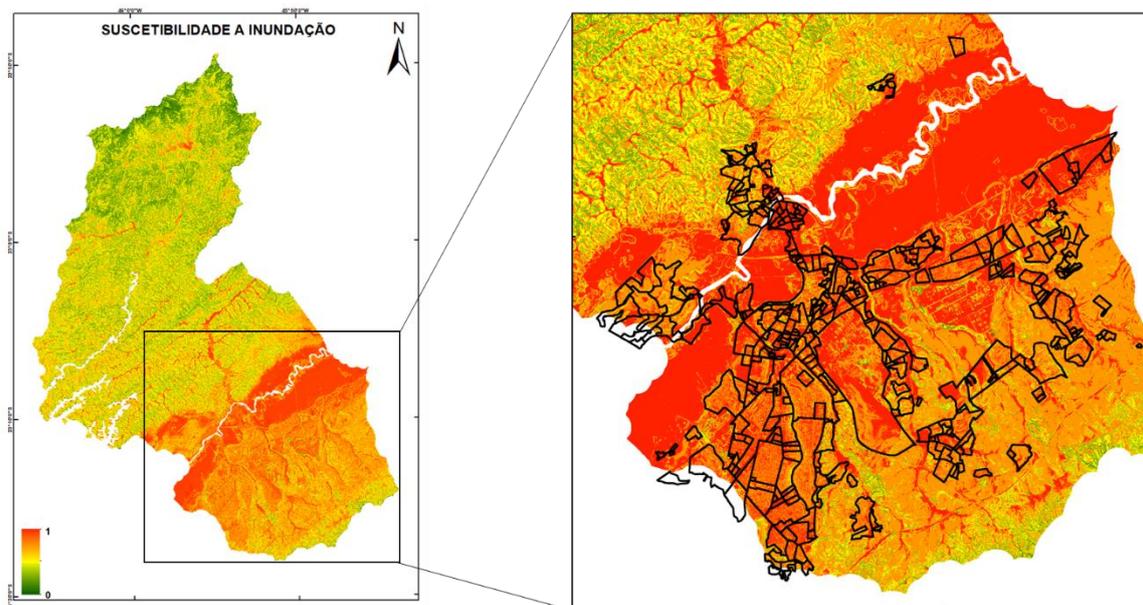
De acordo com a Figura 5,   possível observar que áreas mais vermelhas estão mais próximas do valor 1, que indica maior suscetibilidade a inunda o. Portanto,   possível observar que as áreas menos suscetíveis a inunda o, encontram-se na região norte do município. As áreas mais suscetíveis estão localizadas no perímetro urbano do município, como pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 - Áreas de suscetibilidade, considerando as regiões geográficas do perímetro urbano de São José dos Campos.



De acordo com Figura 6, é possível observar que o sul da Zona Norte, o norte da Zona Leste, a região do Centro são as que apresentam maior suscetibilidade a inundações. Esse resultado faz sentido, por exemplo na região do centro onde se tem o banhado que é uma região próxima do rio Paraíba e que sofre com esses fenômenos. As regiões com menor suscetibilidade são aquelas localizadas ao sul das zonas leste, sudeste e sul e ao norte da zona norte. Quando se considera as áreas urbanizadas, ou seja, os bairros, os resultados mostram que não há muitas regiões urbanizadas nas áreas de maior suscetibilidade, como pode ser observado na Figura 7.

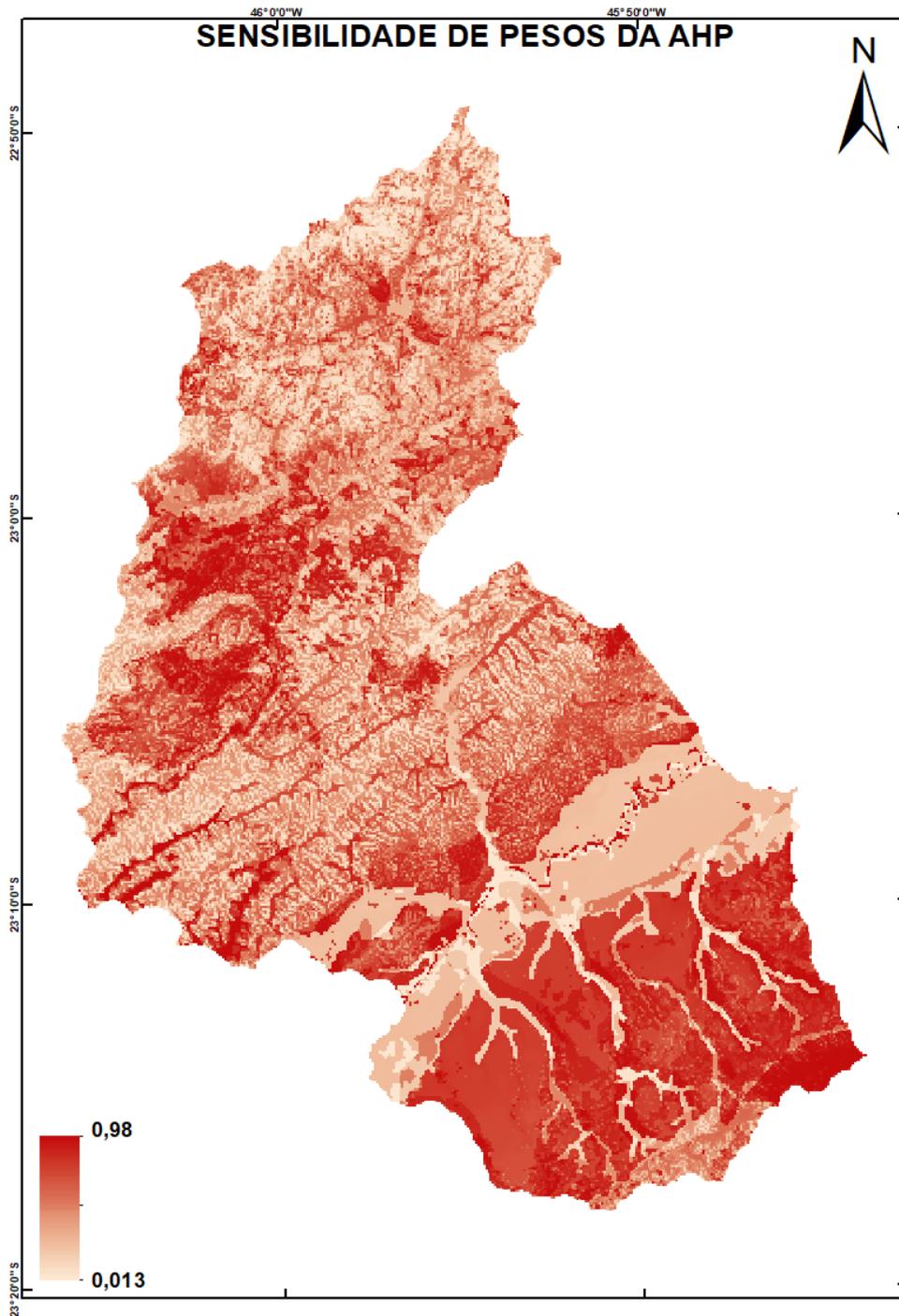
Figura 7 - Índice espacial de suscetibilidade, considerando os bairros de SJC.



A análise da Figura 7 revela que, apesar das áreas mais suscetíveis estarem próximas ao rio Paraíba, a população não está concentrada nessas regiões. Nesses casos, a suscetibilidade da população às inundações fica sujeita principalmente a fatores como precipitação, impermeabilização do solo e dos sistemas de drenagem, como destacado por TUCCI (2000)

A análise de sensibilidade, que demonstra espacialmente onde os pesos da AHP são mais sensíveis à mudança revelou que as áreas mais sensíveis estão nas regiões sul e centro oeste. As áreas com sensibilidade intermediária se encontram na região norte, como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Mapa de sensibilidade dos pesos da AHP.



Ainda de acordo com a Figura 8, é possível perceber que as áreas menos sensíveis estão localizadas no centro sul da área de estudo, ao longo do rio Paraíba. Este fato pode estar associado à variabilidade das variáveis, nessas regiões, principalmente por conta das variáveis categóricas que foram

transformadas em numéricas. Algumas dessas variáveis apresentavam poucas classes cujos pesos foram atribuídos. Assim, quanto maior a abrangência da classe na área de estudo, maior a possibilidade de a variabilidade ser baixa, pois a classe recebe apenas um valor numérico (peso). Se este peso for baixo, a área pode apresentar baixa sensibilidade a mudança dos demais pesos. O contrário ocorre com as classes que receberam pesos mais altos, ou seja, quando a classe recebe pesos mais altos, mais possibilidade de a sensibilidade nessas regiões ser maior.

4 CONCLUSÃO

O índice espacial da suscetibilidade à inundação mostrou-se heterogêneo ao longo do município de SJC. As áreas mais suscetíveis se concentraram no perímetro urbano e as áreas menos suscetíveis se concentram na região norte do município. Considerando as regiões geográficas, as áreas mais suscetíveis do perímetro urbano se concentram na região leste, central e oeste, sobretudo nas regiões mais próximas ao rio Paraíba do sul.

O teste de sensibilidade mostrou que algumas áreas são mais suscetíveis à mudança de pesos da AHP que outras. As áreas mais sensíveis são as áreas centro e oeste e as menos suscetíveis são as regiões localizadas no centro sul do município, próximas ao rio Paraíba. A sensibilidade está associada principalmente à variabilidade dos valores das variáveis envolvidas na geração do índice espacial de suscetibilidade, ou seja, quando maior a variabilidade dos valores das variáveis, maior a sensibilidade dos pesos da AHP.

É importante ressaltar que o método utilizado é uma exploração inicial das áreas de suscetibilidade à inundação. A AHP é uma técnica que pode gerar resultados diversos, resultados estes associados principalmente aos pesos utilizados. A sensibilidade do modelo à variação desses pesos se mostrou heterogênea no espaço. Para melhoria do modelo, podem ser adicionadas, futuramente, nas variáveis ao modelo, como as hidrografias e a rede de drenagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPIOLI, P.; VIEIRA, C. Avaliação do risco a inundação da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte, Joinville/SC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 01, p. 124–138, 2019.
- CERRI, S. L. E.; AMARAL, C. P. Riscos geológicos. In: **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Fapesp, 1998. p. 586.
- DALFI, R. L.; SANTOS, A. R.; CAMPOS, R. F. DE; EUGENIO, F. C.; MARY, G.; DINO, A.; FLORESTAL, E.; FEDERAL, U.; UFES, S. Cenários distintos no mapeamento de áreas de inundação nos bairros do município de Alegre, ES. **Cadernos de Geociências**, v. 10, n. 2001, p. 76–86, 2013.
- FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3–4, p. 85–98, dez. 2008.
- FRANCO, A. C. V.; SANTO, M. A. D. Contribution of Morphometry To Flood Studies in the Luís Alves Basin/Sc, Brazil. **Mercator**, v. 14, n. 3, p. 151–167, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-jose-dos-campos.html>>.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais 1:25.000: nota técnica explicativa**. [s.l: s.n.]. 50 p. ISBN(978-85-09-00177-3).
- JULIÃO, R.; NERY, F.; RIBEIRO, J.; BRANCO, M.; ZÊZERE, J. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal**. [s.l: s.n.]. ISBN(978-989-96121-4-3).
- LOUKAS, A. Flood frequency estimation by a derived distribution procedure. **Journal of Hydrology**, 2002.
- MACUL, M. DE S. **Índice de valoração da terra e desmatamento em uma região de fonteira agropecuária na Amazônia: região de Novo Progresso, Pará**. 2019. 119 p. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019.
- MAGALHÃES, I.; THIAGO, C.; AGRIZZI, D.; SANTOS, A. Uso de Geotecnologias Para Mapeamento De Áreas De Risco De Inundação Em Guaçuí, Es: Uma Análise Comparativa Entre Dois Métodos. **Cadernos de ...**, v. 8, n. 1993, p. 63–70, 2011.

OLIVEIRA, N. G.; VIEIRA, C. V. Original Research Article Soil Loss Estimate in the Cubatão Do Norte River Hydrographic Basin , Northeast of Santa Catarina ,. **International Journal of Development Research**, v. 07, n. 7, p. 13887–13895, 2017.

QUAN, R. Risk assessment of flood disaster in Shanghai based on spatial–temporal characteristics analysis from 251 to 2000. **Environmental Earth Sciences**, 2014.

RAHMAN, A.; WEINMANN, P. E.; HOANG, T. M. T.; LAURENSEN, E. M. Monte Carlo simulation of flood frequency curves from rainfall. **Journal of Hydrology**, 2002.

RAVAZZANI, G.; GIANOLI, P.; MEUCCI, S.; MANCINI, M. Assessing Downstream Impacts of Detention Basins in Urbanized River Basins Using a Distributed Hydrological Model. **Water Resources Management**, 2014.

SAATY, T. L. Saaty T.L. (2003), The Analytic Hierarchy Process (AHP) for Decision Making and the Analytic Network Process (ANP) for Decision Making with Dependence and Feedback. **Creative Decisions Foundation**, 2003.

TUCCI, C. Inundações Urbanas. **Inundações Urbanas na America do Sul**, p. 15–29, 2000.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: **Ciências da Terra e meio ambiente**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1999. p. 284.

TUCCI, C. E. M. Textos para Discussão CEPAL • IPEA Gestão da Drenagem Urbana. p. 50, 2012.