

Utilização de técnicas de geoprocessamento para a elaboração de cotas de inundações: estudo de caso do parque ecológico do rio Paranaíba

Murilo Pereira Borges¹
Abel da Silva Cruvinel¹
William Menezes Ferreira Flores¹
Me. Gustavo Rodrigues Barbosa²

Centro Universitário de Patos de Minas¹
Caixa Postal 38702-054 – Patos de Minas – MG, Brasil
murilopb_15@hotmail.com

Centro Universitário de Patos de Minas¹
Caixa Postal 38702-054 – Patos de Minas – MG, Brasil
abelsc@unipam.edu.br

Centro Universitário de Patos de Minas¹
Caixa Postal 38702-054 – Patos de Minas – MG, Brasil
willian.eng.ambiental@hotmail.com

Centro Universitário de Patos de Minas²
Caixa Postal 38702-054 – Patos de Minas – MG, Brasil
gustavorb@unipam.edu.br

Resumo: As inundações, erosões urbanas e enchentes são problemas decorrentes do impacto da urbanização, que podem ser resultado de ocupações irregulares e falta de planejamento urbano, acarretando assim prejuízos para a sociedade. Este trabalho teve como objetivo estudar a área do parque ecológico do Rio Paranaíba, no bairro jardim paulistano – Patos de Minas-MG, utilizando técnicas de geoprocessamento que auxiliam a gestão pública, elaborando cotas de inundações. O presente trabalho teve como metodologia a delimitação da área de estudo e a coleta de informações espaciais, referente ao tipo de relevo, tipo de solo, uso do solo, dados de estações climatológicas para o nível de precipitação anual da área de estudo e a utilização do método AHP, que utiliza critérios matemáticos, junto com fatores que influenciam na criação do mapa final. Os resultados obtidos no estudo foram a elaboração de mapas na área delimitada do parque ecológico do Rio Paranaíba como: uso do solo, altitude, declividade, tipo do solo e precipitação usados para a elaboração do mapa final de risco, adotando-se o método para análise hierárquica a fim de observar os critérios de influência, resultando em pesos estatísticos, para finalmente utilizar a técnica da álgebra de mapas no SIG escolhido, gerando o mapa de risco de inundação. Problemas relacionados com inundações podem ser minimizados adotando-se medidas estruturais e medidas não-estruturais junto a técnicas de geoprocessamento, e a utilização do método AHP, visando planejar determinada área com risco de inundação, de forma rápida e econômica.

Palavras-Chave: Inundações urbanas, geoprocessamento, método AHP, planejamento urbano.

Abstract: Floods, and erosion are problems arising from the impact of urbanization, which may be the result of irregular occupations and lack of urban planning, causing losses to society. This work aims to study the area's ecological park of Rio Paranaíba, in neighborhood Jardim Paulistano - Patos de Minas-MG using geoprocessing techniques that assist public management, elaboration of floods levels. The present study has the methodology, the delineation of the study area, and the collection of spatial information, associated for the type of relief, soil type, land use, data of weather stations to the level of annual precipitation of the study area, and the use AHP method, which use mathematical criteria, along with factors that influence in creation of the final map. The results obtained in the study, were the development of maps in the defined area of the ecological park of Rio Paranaíba as: land use, elevation, slope, soil type and annual precipitation used in preparation of the final risk map, adopting the method for hierarchical analysis, of interest in analyse the criteria of influence, resulting in statistical weights, to finally use the technique of map algebra in GIS chosen, generating the map flood risk. Problems related floods can be

minimized adopting structural and non-structural steps along the geoprocessing techniques, and the use of AHP method, aiming to plan certain area at risk of flooding, quickly and economically.

Palavras-chave: Urban Floods, geoprocessing, AHP method, urban plain.

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional, através de migrações quanto de urbanizações espontâneas, resulta no desaparecimento de áreas de armazenamento, e escoamento das águas da chuva pelo solo urbano. Além disso, a urbanização de forma descontrolada provoca a impermeabilização do solo, aumentando o volume de escoamento, e também a substituição da cobertura vegetal, alterando assim a biodiversidade.

Além de perdas materiais e humanas, as consequências do escoamento das águas pelo solo urbano são formadas por enchentes, inundações, erosões e assoreamentos. Portanto, para evitar a ocorrência de tais fatores, as instalações de drenagem são construídas para fazer com que essas águas sejam escoadas, e infiltradas no solo, tanto na zona urbana ou rural.

O plano diretor de drenagem urbana, e o planejamento das áreas de risco deve ser estabelecidos, pois através deles são designadas medidas de controle como zoneamento, e o uso e ocupação do solo, para delimitar áreas com risco de enchentes, inundações, e erosões, além de obras de drenagem afim de controlar o escoamento superficial, desta forma minimizando os danos causados pelos fenômenos decorrentes da urbanização. Um plano diretor de drenagem urbana pode ser elaborado com auxílio de técnicas de geoprocessamento para a identificação da área a ser estudada.

O geoprocessamento é uma ferramenta que auxilia no planejamento de áreas, gerando mapas com informações espaciais. Essas informações são referentes ao tipo de relevo, uso e ocupação do solo, cobertura verde, áreas de risco e etc.

Para Câmara (2001), as ferramentas computacionais para Geoprocessamento, são chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), com essas ferramentas são realizadas análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados.

Com finalidade de monitorar e diminuir os problemas ambientais, os SIG's, aliados a técnicas de geoprocessamento, proporcionam grande potencial, uma vez que permitem o acúmulo, e a manipulação, de grandes números de dados e informações, bem como a representação cartográfica dessas variáveis, possibilitando a tomada de decisão, uma economia de recursos, e tempo, como descrito por Zanata et al. (2012).

De acordo com Pereira (2002), os órgãos de planejamento e gestão tomam a maior parte de suas decisões, por meio de componentes geográficos, ou diretamente por implicação, nisso é importante que as tecnologias de Geoprocessamento sejam adquiridas para a moderna gestão da cidade.

Conforme Silva e Nunes (2009), o método AHP é usado para a criação de uma hierarquia de decisão, onde o mesmo é composto por níveis hierárquicos que permitem uma visualização mais ampla sobre as relações que estão sendo processadas. Para formular o nível de importância de cada fator da hierarquia são elaboradas matrizes de comparação entre os níveis, onde tais níveis serão ponderados.

Ainda conforme com Silva e Nunes (2009), o modelo hierárquico de Saaty (1980), é baseado em um processo de escolha que através da lógica de comparação par a par (pairwise comparison), em diferentes fatores, sendo que tais fatores influenciam no processo da tomada de decisão e através da organização hierárquica, os fatores são comparados entre si, e são definidos um tipo de peso, uma importância relativa, para cada um, assim definindo uma escala de quanto um fator predomina sobre o outro.

Os problemas aqui citados decorrentes da água da chuva através da urbanização, podem ser minimizados com técnicas de drenagem urbana, mas inicialmente deve ser feito o estudo da

área utilizando tecnologias de geoprocessamento, visando delimitar a área de risco, e coletar as informações necessárias para a elaboração do mapa. Este processo vai resultar na criação de uma ferramenta essencial para auxiliar a gestão pública no planejamento do espaço, para que e logo em seguida adote as medidas necessárias para o controle dos riscos existentes.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A elaboração do estudo foi realizada no Laboratório de Geoprocessamento do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), situado à Rua Major Gote nº 808 – Bairro: Caiçaras, bloco H, 2º piso, sala 216.

O trabalho consiste no estudo de uma determinada área, onde com o auxílio do software ArcGIS 10.2, foram criados os mapas para a identificação de recursos para o estudo.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Á área estudada está situada no bairro Jardim Paulistano no município de Patos de Minas/MG, entre as coordenadas $46^{\circ} 31' 09,91''$ de longitude e $18^{\circ} 36' 49,78''$ (figura 1).

O município abrange uma área de 3.189,771 km² e possui uma população de 138.710 segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010).

Com a ajuda do software de sistema de informações geografias o ArcGIS 10.2, foi feita uma análise no banco de dados espaciais. Após a verificação dos dados foram criados os mapas de uso do solo, tipo de solo (pedologia), altitude (hipsometria), declividade, precipitação anual, e por fim através do cruzamento destes mapas, as cotas de risco de inundação.

A área utilizada (figura 1) para o estudo do risco é uma área já planejada e delimitada pela Prefeitura Municipal de Patos de Minas, que está com a proposta de projeto de um parque linear. Os parques lineares têm como principal função aumentar a área de várzea dos rios, e permitir o aumento das zonas de inundações, além de diminuir a vazão da água durante a cheia dos rios, conforme ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades (2013).

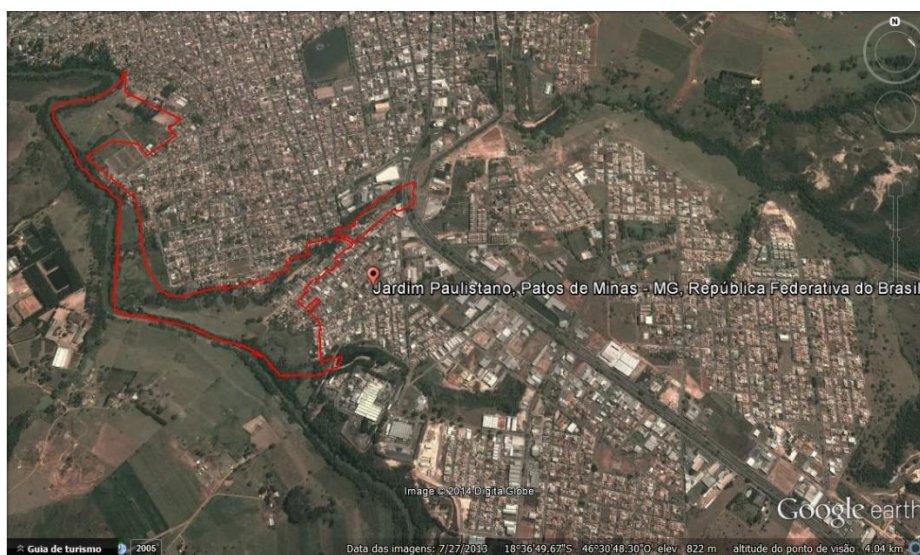


Figura 1. Delimitação da área do parque para estudo

2.2 MATERIAIS

Os materiais utilizados para a realização do presente estudo são: Software: ArcGIS 10.2 (SIG) versão de teste (60 dias), estações pluviométricas da Agência Nacional das Águas (ANA), imagens da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) – NASA, USA com dados numéricos de relevo e topografia, disponibilizados pela Embrapa Monitoramento por Satélite, no formato GEOTIFF (16 bits), resolução espacial de 90 metros, unidade de altitude em metros, e sistemas de coordenadas geográficas datum WGS – 84;

Para a elaboração do mapa de risco de inundação foi utilizada a técnica de álgebra de mapas no SIG, na qual foram cruzados os mapas gerados anteriormente, sendo eles: altitude, declividade, pedologia e uso do solo. O método de Análise Hierárquica (AHP) foi utilizado para a classificação, e a comparação par a par.

Para a representação de forma mais real, referentes às condições encontradas nos estudos realizados dos mapas gerados anteriormente do bairro Jardim Paulistano na cidade de Patos de Minas, foi ponderado os dados. Com essa finalidade o método escolhido foi o AHP proposto por Saaty (1977), através da decisão dos problemas em níveis hierárquicos.

Segundo Hora e Gomes (2009) a fim de identificar e diagnosticar áreas de risco algumas metodologias, tem como base a combinação de dados e informações referentes a aspectos geológicos (pedologia), geomorfológicos (declividade, hípometria), e de uso do solo (tipologias de ocupação, tipos de vegetação etc).

No método AHP são estabelecidas notas (pesos) para cada fator influente de acordo com o grau de relevância para a criação do mapa final de risco de inundação, através dos pesos estatísticos e dos cálculos relacionados a comprovação se o método AHP foi aceito. Após escolhido cada nota para cada fator, usa se a matriz de comparação pareada para a determinação dos pesos.

Tabela 1. Notas estabelecidas para a declividade.

| DECLIVIDADE (%) (EMBRAPA) | NOTA |
|--------------------------------------|-------------|
| 0,00 - 3,00% (plano) | 10 |
| 3,00 - 8,00% (suavemente ondulado) | 9 |
| 8,00 - 20,00% (ondulado) | 5 |
| 20,00 - 45,00% (fortemente ondulado) | 3 |
| 45,00 - 75,00% (montanhoso) | 1 |
| >75% (fortemente montanhoso) | 1 |

Tabela 2. Notas estabelecidas para o uso do solo.

| USO DO SOLO | NOTA |
|--------------------------------------|-------------|
| RIOS | 10 |
| ÁREA URBANA | 10 |
| PASTO | 9 |
| SOLO EXPOSTO | 7 |
| APP (ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE) | 1 |

Tabela 3. Notas estabelecidas para a altitude (hipsométrico)

| ALTITUDE (m) | NOTA |
|---------------------|-------------|
| 780 - 783,15 | 10 |
| 783,15 - 786,3 | 9 |
| 786,3 - 789,45 | 8 |
| 789,45 - 792,6 | 7 |
| 792,6 - 795,75 | 6 |
| 795,75 - 798,9 | 5 |
| 798,9 - 802,05 | 3 |

Tabela 4. Notas estabelecidas para o tipo de solo (pedologia)

| TIPO DE SOLO | NOTA |
|---------------------|-------------|
| LATOSSOLO | 4 |
| CAMBISSOLO | 3 |

Tabela 5. Matriz de comparação pareada

| FATORES | TIPO DE SOLO | USO DO SOLO | ALTITUDE | DECLIVIDADE |
|----------------|---------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| TIPO DE SOLO | 1 | 1/3 | 1/5 | 1/7 |
| USO DO SOLO | 3 | 1 | 1/3 | 1/5 |
| ALTITUDE | 5 | 3 | 1 | 1/3 |
| DECLIVIDADE | 7 | 5 | 3 | 1 |

Tabela 6. Determinação dos pesos

| FATORES | TIPO DE SOLO | USO DO SOLO | ALTITUDE | DECLIVIDADE |
|----------------|---------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| TIPO DE SOLO | 1 / 16 | 0,33 / 9,33 | 0,2 / 4,53 | 0,14 / 1,68 |
| USO DO SOLO | 3 / 16 | 1 / 9,33 | 0,33 / 4,53 | 0,2 / 1,68 |
| ALTITUDE | 5 / 16 | 3 / 9,33 | 1 / 4,53 | 0,33 / 1,68 |
| DECLIVIDADE | 7 / 16 | 5 / 9,33 | 3 / 4,53 | 1 / 1,68 |

3. RESULTADOS E DISCURSÃO

O local onde está situada a área de estudo, já possui um histórico de ocupações em que alguns fatores influenciaram na ocorrência de inundações, sendo eles: ocupações irregulares, e loteamentos urbanos, o que pode ser entendido como alguns fatores que são responsáveis pela impermeabilização do solo, e como resultado a ocorrência de inundações.

Logo em seguida os pesos foram determinados através da média aritmética entre as colunas (Equação 1):

$$M_{a_1} = \frac{0,0625 + 0,0357 + 0,0441 + 0,0852}{4} = P_1 = \mathbf{0,0569}$$

$$M_{a_2} = \frac{0,1875 + 0,1071 + 0,0735 + 0,1193}{4} = P_2 = \mathbf{0,1219}$$

$$M_{a_3} = \frac{0,3125 + 0,3214 + 0,2206 + 0,1989}{4} = P_3 = \mathbf{0,2633}$$

$$M_{a_4} = \frac{0,4375 + 0,5357 + 0,6618 + 0,5966}{4} = P_4 = \mathbf{0,5579} \quad (1)$$

Através dos pesos estabelecidos dos mapas que influenciam no risco de inundação de acordo com Hora e Gomes (2009), foi utilizado um modelo matemático (Equação 2) dentro do software que possibilita a elaboração do mapa, de acordo com a equação abaixo:

Risco a inundação = 0,0569 * tipo de solo + 0,1219 * uso do solo + 0,2633 * altitude + 0,5579 * declividade

(2)

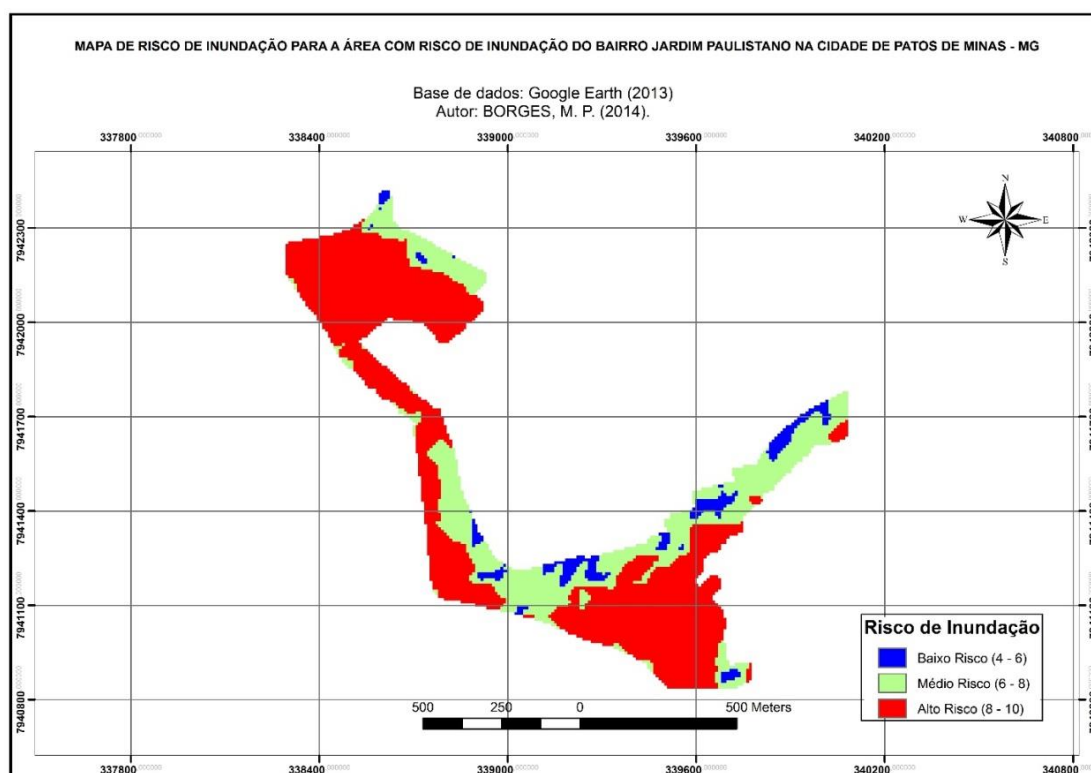


Figura 2. Mapa de risco a inundação para a área do parque ecológico do rio Paranaíba

4. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos no estudo realizado é possível concluir que o método AHP, aliado a técnicas de geoprocessamento se torna uma ferramenta bastante útil, facilitando a estruturação de problemas, e a modelagem matemática, além de auxiliar em processos de decisão complexos.

O presente trabalho revelou que grande parte dos problemas relacionados com inundações, podem ser trabalhados através do SIG escolhido, e através dele processar, armazenar e editar uma grande quantidade de dados espaciais, com agilidade e de forma econômica.

O produto final obtido com o estudo, auxilia o poder público em trabalhar com alternativas para o planejamento urbano no que se refere a problemas ambientais no bairro Jardim Paulistano, em Patos de Minas – MG, adotando medidas mitigadoras, e medidas estruturais, portanto, na implantação do parque ecológico do Rio Paranaíba (Parque Linear) para a revitalização da área inundável, levando em consideração que, medidas estruturais devem ser complementadas pelas não-estruturais. Os resultados obtidos através da análise dos critérios utilizados foram satisfatórios, desta forma foi possível gerar cotas de inundações junto a técnicas de geoprocessamento no bairro Jardim Paulistano.

5. REFERENCIAS

ABCP – **Associação Brasileira de Cimento Portland: Programa Soluções para Cidades**, coordenado por Erika Mota, 1 ed. São Paulo, 2013. 10 p.

CÂMARA, G. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Inpe, 2001. 345 p.

HORA, S. B.; GOMES, R. L. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA**. Ilhéus, 2009.

Instituto Brasileiro Geografia e Estatística – **IBGE**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codigo=314800&idtema=>>>. Acesso em: 05 jun. 2014.

PEREIRA, G. C. **Geoprocessamento e Urbanismo**. 2002. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SILVA, C. A.; NUNES, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, INPE, 2009. p. 5435-5442. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.19.56/doc/5435-5442.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2014.

SAATY, T. L. A. **Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures**: Journal of mathematical psychology. p. 234-281. 1977.