

MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO COM A UTILIZAÇÃO DO MODELO DIGITAL DE ELEVÇÃO HIDROLOGICAMENTE CONSISTENTE: ESTUDO DE CASO EM MURIAÉ - MG

Nelson Avelar Guimarães; Julierme Wagner da Penha
Universidade Federal de Viçosa - UFV
nelsonavelar@yahoo.com.br; juliermewagner@yahoo.com.br

RESUMO

A inundação de áreas urbanas tem sido um grave problema que vários municípios têm enfrentado nos últimos anos, em períodos de chuvas. A ocupa o do solo no município de Muriaé - MG, tem-se dado de maneira bastante desordenada e dirigindo-se principalmente para as regiões planas, especialmente para as áreas de inunda o do rio Muriaé. A motiva o para este estudo surgiu da necessidade de fornecer informaçoes para o processo de tomada de decisão por parte do administrador municipal no sentido de suas políticas públicas. Por esta razão, foi gerado um Modelo Digital de Eleva o Hidrologicamente Consistente (MDEHC), a partir de um levantamento planialtimétrico para a caracteriza o do relevo. De posse do MDEHC foram realizadas simula oes, variando altitudes de inunda oes com o objetivo de determinar quais os bairros que seriam afetados e suas respectivas áreas. Outra análise constitui em realizar a interse o do mapa de imóveis do município com as simula oes para determinar o número de residências atingidas pelas inunda oes simuladas. Os resultados mostraram alta suscetibilidade do perímetro urbano   inunda o, em especial o bairro Barra, que para a simula o de uma inunda o de 192 metros de altitude, apresentou 27,46% de sua área inundada e cerca de 1440 imóveis atingidos. A metodologia aplicada neste estudo mostrou-ser satisfat ria desde que os dados necessários para a caracteriza o de relevo sejam confi veis.

ABSTRACT

The flooding of urban areas has been a serious problem that many cities have faced in recent years during the periods of rain. The occupation of land in the city of Muriaé has been done in a disorganized way and the land occupation has taken place over the flat areas, especially in the flooding areas of Muriaé river. The motivation for this study came from the need to provide information to help municipal administrator to make decisions that is a concerned for the society. Therefore, it was developed a Digital Elevation Model Hydrologically Consistent (MDEHC), based on a land survey of the topography. After creating the MDEHC, simulations were done, changing the topography's heights that were susceptible of floods in order to determine which neighborhoods would be affected and their respective areas. The other analyse is to make the intersection of the map of buildings in the city area using the simulations to determine the number of homes affected by the flood that was simulated. The results showed high susceptibility of flooding for the urban area, especially the Barra neighborhood. A flooding area of 27.46% for the Barra neighborhood was found for a simulation of 192 meters of height and about 1,440 buildings affected. The methodology used in this study proved to be satisfactory and it is very important to have very accurate and reliable data sets that represent the topography.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados por municípios brasileiros no período de chuvas intensas é a inundação das áreas mais baixas.

Devido à urbanização, normalmente ocorre um aumento da vazão em toda a área urbana, devido principalmente ao processo de impermeabilização do solo, assim áreas que anteriormente constituíam o leito de inundação do rio são gradativamente povoadas.

Historicamente, a urbanização do município de Muriaé se deu em áreas planas às margens do Rio Muriaé. Assim, atualmente muitas áreas encontram-se susceptíveis à inundação.

Campana et al. (2001), afirmaram que um dos maiores desafios a serem enfrentados pelo poder público será a antecipação aos impactos gerados pela ocupação desordenada do espaço urbano, antes que os mesmos sejam realidades.

Nos últimos anos, o processo de urbanização foi acompanhado por profundas alterações no uso e ocupação do solo, que resultou em impactos ambientais nas bacias hidrográficas. As transformações sofridas pelas bacias em fase de urbanização podem ocorrer muito rapidamente, gerando transformações na qualidade da paisagem, degradação ambiental, ocupação irregular e falta de planejamento na gestão urbana.

A lei sobre parcelamento do solo urbano (Lei Federal nº 6.766/79) determina que os loteamentos devem reservar (sem edificações) uma faixa de 15 metros de cada lado ao longo de cursos d'água, rodovias, ferrovias e dutos, enquanto o Código Florestal (Lei nº 4.771/65) reforça a medida de 30 metros para cursos d'água de menos de 10 metros de largura.

Tal discordância gera diferentes formas de ocupação ao longo das margens dos rios, ambas prejudicando a função ambiental das APPs. O que se vê na grande maioria das intervenções executadas são obras de amplia-

ção de infra-estrutura, como ampliação do sistema viário, canalização de córregos, entre outras. Também é muito recorrente a ocupação ilegal por população de baixa renda nas margens dos cursos d'água.

Segundo Vieira et al. (2006) as técnicas convencionais quando aplicadas para monitorar a expansão urbana e a ocupação de áreas de bacias hidrográficas, não têm conseguido acompanhar a velocidade com que o fenômeno se processa. Sendo assim, deve-se alertar para a necessidade da busca de novos métodos, empregando tecnologias mais adequadas, para detectar, em tempo real, a expansão urbana e as alterações ambientais decorrentes.

Dentro deste contexto, torna-se fundamental a realização de estudos que forneçam prognósticos, em áreas já urbanizadas, a fim de se antecipar na realização das medidas remediadoras e em áreas a serem urbanizadas, onde se pode chegar à inviabilização de sua ocupação.

Com o objetivo de delimitar as áreas sujeitas à inundação, torna-se indispensável a realização de simulações da enchente sobreposta ao mapeamento cadastral da cidade, tendo como resultado mapas de risco de inundação, onde se possam fornecer dados para que o administrador público possa direcionar suas políticas de planejamento urbano.

MATERIAL E MÉTODOS

A cidade de Muriaé está localizada na região da zona da mata mineira, possui área territorial de 843,33 km². A área urbana está situada às margens das rodovias BR-116 e BR-393. Na Figura 1 é apresentada a localização do município no estado de Minas Gerais.

A área de estudo compreende aproximadamente 1247,5320 ha do perímetro urbano, como mostra a Figura 2. Para a caracterização do relevo foi realizado um levantamento planialtimétrico, onde se coletou 5187 pontos, utilizando-se dois pares de receptores GPS geodésicos, modelo Promark 2.

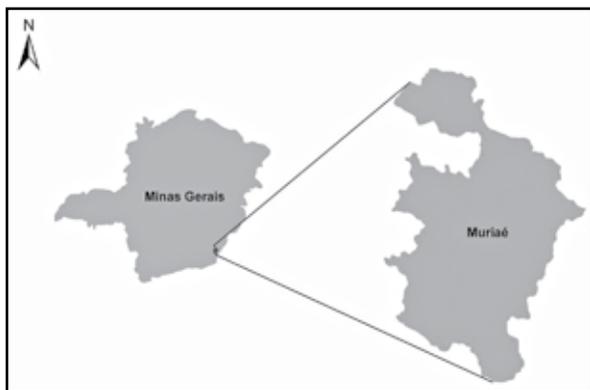


Figura 1. Localização do município de Muriaé no estado de Minas Gerais.

Para o processamento dos dados foi utilizado o *software Ashtech Solutions 2.6*, obtendo assim os elementos necessários para a obtenção do Modelo Digital de Elevação (MDE).

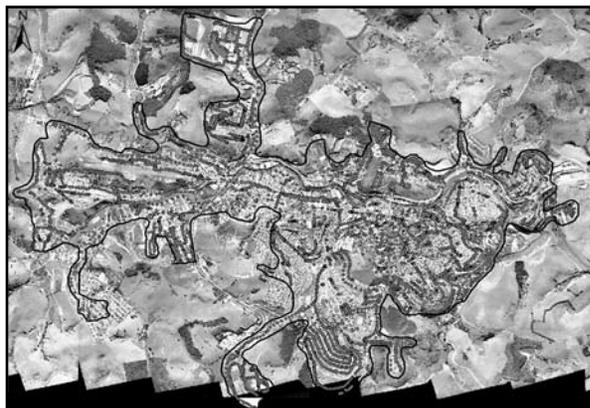


Figura 2. Pontos obtido no levantamento topográfico sobreposto ao mosaico semi-controlado.

A metodologia utilizada para a geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente - MDEHC foi concebida em duas etapas, a saber:

A primeira, a elaboração do Modelo Digital de Elevação - MDE, utilizado o módulo *Topogrid* do *software ArcInfo* e a segunda, o pós-processamento para a geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente, utilizando o módulo *Spatial Analyst - Hydrology* do *software ArcGIS* versão 9.2.

Antes de gerar o MDE foi convertida a altitude geométrica, obtida com receptores

GPS, para a altitude ortométrica. Para isso foi utilizado o *software* MAPGEO, versão 2004 do IBGE.

De posse das coordenadas dos pontos coletados com os receptores GPS, e o limite do perímetro urbano, procedeu-se a elaboração do Modelo Digital de Elevação no módulo *Topogrid* do *ArcInfo*.

A etapa do pós-processamento para a geração do MDEHC visou eliminar as depressões espúrias na geração do MDE, garantindo a consistência no escoamento superficial, onde o escoamento deve ser direcionado à jusante da bacia de contribuição, conforme a Figura 3.

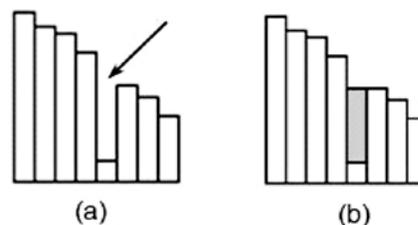


Figura 3. Remoção de pontos de depressão: (a) Caracterização de uma depressão, (b) elevação de valores de altitudes subestimados.

Segundo Chaves (2002), depressões espúrias são células cercadas por células de maiores valores de elevação. Algumas delas podem ser naturais, como sumidouros, mas a maioria delas é considerada espúria, decorrente do processo de geração do MDE. Para a remoção das depressões foi utilizado o algoritmo *Fill Sinks* do módulo *Spatial Analyst - Hydrology* do *ArcGIS*.

Para simular as inundações foi utilizado o comando *con* (Equação 1). Este comando retorna valores de acordo com a restrição determinada. A partir do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente foi realizado varias análises considerando as altitudes de 190 a 196 metros, com um intervalo de 1 (um) metro.

$$\text{Inund} = \text{con} ([\text{mdehc}] < 190, 196) \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta as células do grid do MDEHC gerado a partir do Topogrid ArcInfo, com os valores das altitudes expressos em metro. A maior altitude encontrada foi de 342,910 m e a mínima foi de 188,086 m.

Após a geração do MDEHC passou-se ao estudo da área inundada no perímetro urbano. Para isso foram realizadas simulações das enchentes considerando as altitudes de 190 m até 196 m.

A fim de determinar a área de cada bairro atingido para os diferentes valores de

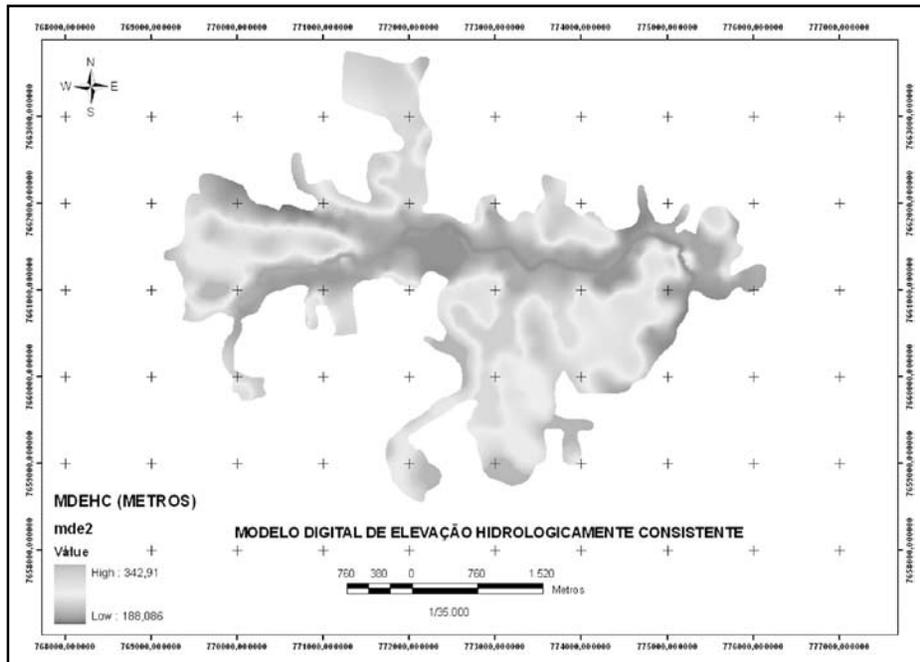


Figura 4. Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente.

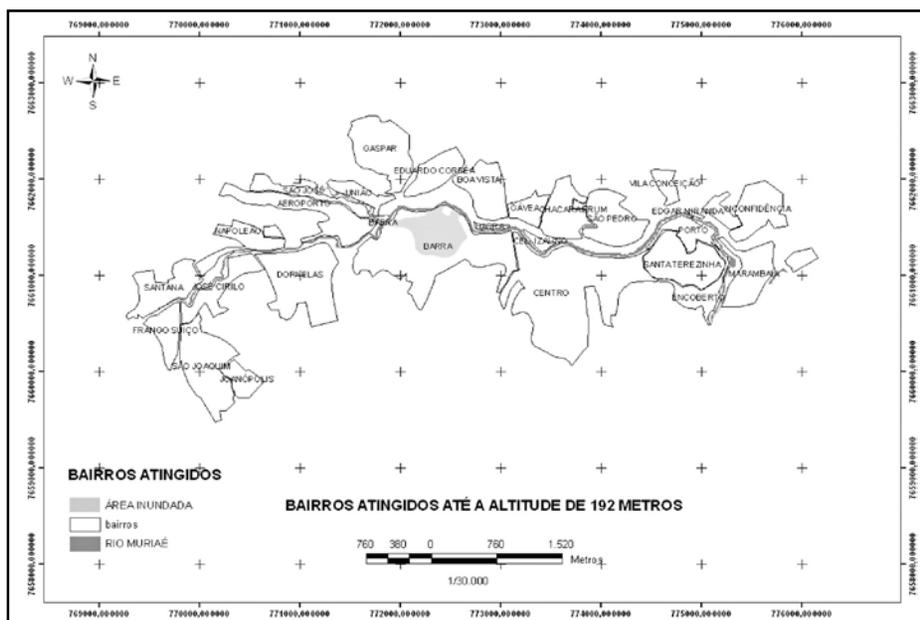


Figura 5. Áreas atingidas para a simulação de uma altitude de inundação de 192 metros.

altitude (Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5), foi individualizado cada polígono e realizada a interseção com os respectivos bairros. Como se pode observar na Figura 5, a área inundada representa a simulação para a altitude de 192 metros, sobreposta ao bairro Barra.

De acordo com a Tabela 1, o bairro Barra possui uma área de 85,831 ha, sendo que 27,46% de sua área seriam atingidas por uma inundação na altitude de 192 metros.

Tabela 1. Área inundável por bairros considerando a altitude de 192 metros.

Bairro	Área total (ha)	Área inundável (ha)	Porcentagem (%)
Barra	85,831	23,573	27,46

Para a altitude de 193 metros foram encontradas inundações em quatro bairros: Barra, Vila Conceição, Centro e Santa Terezinha. Conforme indicado na Tabela 2, de um total de 85,831 ha do bairro Barra 31,64% será atingido pela simulação de uma inundação de 193 metros de altitude. Já o bairro Centro apresentou 3,40% de sua área atingida.

Tabela 2. Área inundável por bairros considerando a altitude de 193 metros.

Bairro	Área total (ha)	Área inundável (ha)	Porcentagem (%)
Barra	85,831	27,162	31,64
Vila Conceição	6,032	1,738	28,81
Centro	98,403	3,349	3,40
Santa Terezinha	30,569	0,74	2,42

Para a altitude de 194 metros foram encontradas inundações em cinco bairros: Barra, Vila Conceição, Centro, Santa Terezinha, Marambaia.

Na Tabela 3, o bairro Marambaia possui 13,83% de sua área inundada para a altitude de 194 metros, sendo que para a altitude de 193 metros o bairro não era atingido.

Tabela 3. Área inundável por bairros considerando a altitude de 194 metros.

Bairro	Área total (ha)	Área inundável (ha)	Porcentagem (%)
Barra	85,831	31,278	36,44
Vila Conceição	6,032	1,975	32,74
Centro	98,403	3,818	3,88
Santa Terezinha	30,569	1,124	3,67
Marambaia	21,722	3,005	13,83

Para a altitude de 195 metros foram encontradas inundações em seis bairros: Barra, Vila Conceição, Centro, Santa Terezinha, Marambaia e Izalino.

De acordo com a Tabela 4, a área inundada do bairro Marambaia é de 20,09% de um total de 21,722 ha, enquanto o bairro Centro possui 5,10% de sua área inundada para a altitude de 195 metros. O bairro Barra possui 40,15% de sua área atingida, que corresponde a uma área de 34,465 ha.

Tabela 4. Área inundável por bairros considerando a altitude de 195 metros.

Bairro	Área total (ha)	Área inundável (ha)	Porcentagem (%)
Barra	85,831	34,465	40,15
Vila Conceição	6,032	2,07	34,31
Centro	98,403	5,02	5,10
Santa Terezinha	30,569	1,898	6,20
Marambaia	21,722	4,364	20,09
Izalino	2,508	1,626	64,83

Para a altitude de 196 metros foram encontradas inundações em oito bairros: Barra, Vila Conceição, Centro, Santa Terezinha, Marambaia, Izalino, São Pedro e Aeroporto.

Conforme indicado na Tabela 5, bairro Centro apresentou uma área inundada de 7,51% de um total de 98,403 ha. O bairro Izalino, com uma área de 2,058 ha, seria totalmente inundado para a simulação de uma inundação de 196 metros de altitude.

Tabela 5. Área inundável por bairros, considerando a altitude de 196 metros.

Bairro	Área total (ha)	Área inundável (ha)	Porcentagem (%)
Barra	85,831	36,508	42,53
Vila	6,032	2,266	37,56
Centro	98,403	7,394	7,51
Santa	30,569	3,058	10,00
Marambaia	21,722	5,277	24,29
Izalino	2,508	2,508	100
São Pedro	26,118	2,532	9,69
Aeroporto	29,005	1,035	3,57

Após a comparação entre a área inundada para cada bairro, pode se concluir

que o bairro Barra e Vila Conceição são mais suscetíveis a inundação, entre as altitudes de 190 e 196 metros. O bairro Centro apesar de localizar as margens do rio Muriaé não possui uma área inundada significativa quando comparado com os outros bairros. Para a simulação de uma inundação com altitude de 196 metros o bairro Centro apresenta 7,51% de sua área inundada que corresponde 7,394 ha.

Para a análise do número de imóveis atingidos para as diferentes altitudes em estudo, foi realizada a interseção com o mapa de unidades imobiliárias do município. Na Figura 6 é possível ver os imóveis atingidos até a altitude de 192 metros no bairro Barra.

**Figura 6.** Imóveis atingidos para a simulação de uma inundação de 192 metros de altitude.

De acordo com a Tabela 6, para a simulação de uma inundação em uma altitude 192 metros teríamos aproximadamente 1443 imóveis atingidos, sendo todos esses imóveis localizados no bairro Barra. Para a altitude de 196 metros teríamos uma área inundada de 96,715 ha, com aproximadamente 2458 imóveis atingidos.

Tabela 6. Imóveis atingidos para a simulação de 192 a 196 metros de altitude.

Altitude (m)	Área inundada (ha)	Imóveis atingidos
192	24,189	1443
193	37,230	1793
194	52,264	2051
195	72,538	2229
196	96,715	2458

CONCLUSÃO

O mapeamento das áreas de risco de inundação é uma importante ferramenta de suporte à tomada de decisão para o controle de inundações.

A metodologia aplicada neste estudo mostrou-se satisfatória desde que os dados necessários para a caracterização do relevo sejam confiáveis.

De acordo com os resultados obtidos pode-se observar que o bairro Barra é o mais susceptível a inundação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPANA, N. A.; TUCCI, C. E. M. Predicting floods from urban development scenarios: case study of the Diluvio basin, **Urban Water**, Porto Alegre. v. 3, p. 113-124, 2001.

CHAVES, M. A. **Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistente para a Bacia Amazônica**. 2002. 115 p. Tese (Doutorando em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2002.

VIEIRA, P. B. H., PINTO, J. F., GALVÃO, M. L., SANTOS, L. K. S. Utilizando SIG na Análise Urbana da Microbacia do Rio Itacorubi, Florianópolis-SC. In: COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC - Florianópolis, 2006, p.1-9. Disponível em: <http://www.geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2006/107.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2007.