

Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de áreas de risco de inundação na cidade de Teresina-Piauí.

Débora de Abreu Santos¹
Márcio Fabrício Leitão Oliveira de Sousa¹
Alan Pereira da Silva Falcão Mendes¹
Felipe Rodrigues Pereira Sousa¹
Kalyne Rodrigues de Sousa¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
Campus Teresina Central
Rua Quintino Bocaiuva, 94 – Centro Sul, Teresina – PI, Brasil, CEP 64002-370.
{deborabreu12, feliperodrigues218, kalyninharodrigues} @hotmail.com
{marcioleitao09, alanfalcaothe} @gmail.com

Abstract- In periods of floods in the rivers, it is common the occurrence of events such as floods, storms and floods. It is possible to view this scenario in Teresina. In this work, the subject will be the flood in the vicinity of the Poti river, in the urban area of the city of Teresina, capital of Piauí. Has as objective to generate a digital model of the terrain to perform the identification of areas susceptible to flooding in the study area, draw up a map of the flood of the year 2009 (the most recent year of flooding in Teresina, Brazil) and modeling of the flood areas in the basin. The files used were provided by the Municipal government of Teresina, the National Water Agency and the Brazilian Institute of Geography and Statistics. The methodology used was the development of Digital models of Elevation (MDE) using two interpoladores (Triangulation and the Top to Raster), and the mapping of flood areas by quota and by the curve of level. In the result obtained it was found that in the areas subject to flooding there are several residences that are exposed to the risk of contamination for illnesses, material losses and human lives. With this work we can view the tools that geotechnologies have to carry out mapping of natural events, showing an important ally to the making of decisions.

Palavras-chave: digital model of terrain , geoprocessing , profile topographic, modelo digital de terreno, geoprocessamento, perfil topográfico.

1 Introdução

Muitas cidades, desde os seus primórdios surgiram à beira dos corpos d'água, como Oliveira (2010) afirma ao dizer que as cidades se desenvolveram nas margens dos rios, devido ao acesso à agricultura, pesca e água, elementos necessários para o desenvolvimento humano. Com o decorrer do tempo essas áreas tornaram-se urbanizadas e receberam equipamentos urbanos, configurando as cidades como se tem atualmente.

Juntamente com a ocupação dessas áreas vêm os riscos causados pelos fenômenos naturais associados aos rios, como as enchentes e inundações que afetam a população que reside nesses locais, como citou Hora e Gomes (2009) ao declarar que a ocupação desordenada às margens do rio configura, em períodos de enchentes, um cenário de calamidade pública marcado por ocorrência de desabrigados, desabamento de moradias, acúmulo de lixo e entulhos, além do aumento de casos de doenças de veiculação hídrica.

Nesse mesmo pensamento Veyret (2007) relata que o risco é uma construção social. Os fatores de risco são numerosos, podem ser processos naturais (terremotos, ciclones...) ou consequências das atividades humanas: agricultura (poluição, erosão...), indústria (poluição, explosão, incêndio), transportes, etc.

Hora e Gomes (2009) ainda discorrem que tal quadro é cíclico, pois, após o evento de enchente, tendo o nível de água voltado ao seu curso normal, a população das áreas afetadas retorna ao espaço anteriormente ocupado ficando a mercê do próximo evento.

De acordo com Collins (2004 *apud* OLIVEIRA, 2010), mais de 29 milhões de brasileiros residem em áreas suscetíveis às inundações e, em média, 100 pessoas são vitimadas anualmente no Brasil em virtude destes desastres naturais.

Esse cenário pode ser visto em Teresina - PI que teve sua urbanização às margens dos rios Parnaíba e Poti. Em razão dessa ocupação próximo ao leito dos rios, os moradores sofrem com as frequentes inundações nos períodos de chuva. Oliveira (2010) cita que inundações são caracterizadas pelo extravasamento das águas do leito menor de um rio para sua respectiva planície de inundação.

Diante disso o geoprocessamento e as geotecnologias assumem o papel importante no estudo ambiental, através dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e dos Modelos Digitais de Terreno (MDT) para realizar o mapeamento das enchentes e áreas suscetíveis a ocorrência desse fenômeno, como explicita Perini *et al* (2013) ao dizer que o uso de MDT é de grande importância para o mapeamento de suscetibilidade de inundação em cidades onde as enchentes tornam-se problemas e ocasionam danos aos seus habitantes e materiais.

Fernandes e Miola (2013) afirmam que a modelagem dos elementos da superfície terrestre só é possível devido a técnicas de geotecnologias que são ferramentas de elevada importância para tomada de decisões além de gerar MDTs que descrevem a real superfície topográfica do relevo e com isso tem-se a segurança de que as distribuições das drenagens naturais se deem sem desvios de cursos.

A pesquisa tem como objetivos gerar um modelo digital de terreno para realizar a identificação de áreas susceptíveis a inundações da área de estudo, elaborar um mapa da inundação do ano de 2009 e modelar as áreas de inundação na bacia.

A escolha do ano 2009 deu-se por ser o ano mais recente de inundação em Teresina e o mais marcante, como afirma Aumenta (2009 *apud* CHAVES, 2013) ao relatar que o ano de 2009 se configurou como um dos anos mais marcantes em se tratando de inundações ocorridas em Teresina, segundo dados da Prefeitura no qual cerca de 2000 famílias foram desabrigadas por conta das enchentes.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O município de Teresina está localizado no Centro-Norte do estado do Piauí, na região denominada de Meio Norte do Brasil, com a sua sede municipal possuindo as coordenadas geográficas 5° 05' 12" de latitude Sul e 42° 48' 42" de longitude Oeste (Figura 1), na área da Bacia Hidrográfica do rio Parnaíba, mais especificamente na sua margem direita com altitude média de 74,4 metros acima do nível médio do mar. (BASTOS e ANDRADE JÚNIOR, 2015).

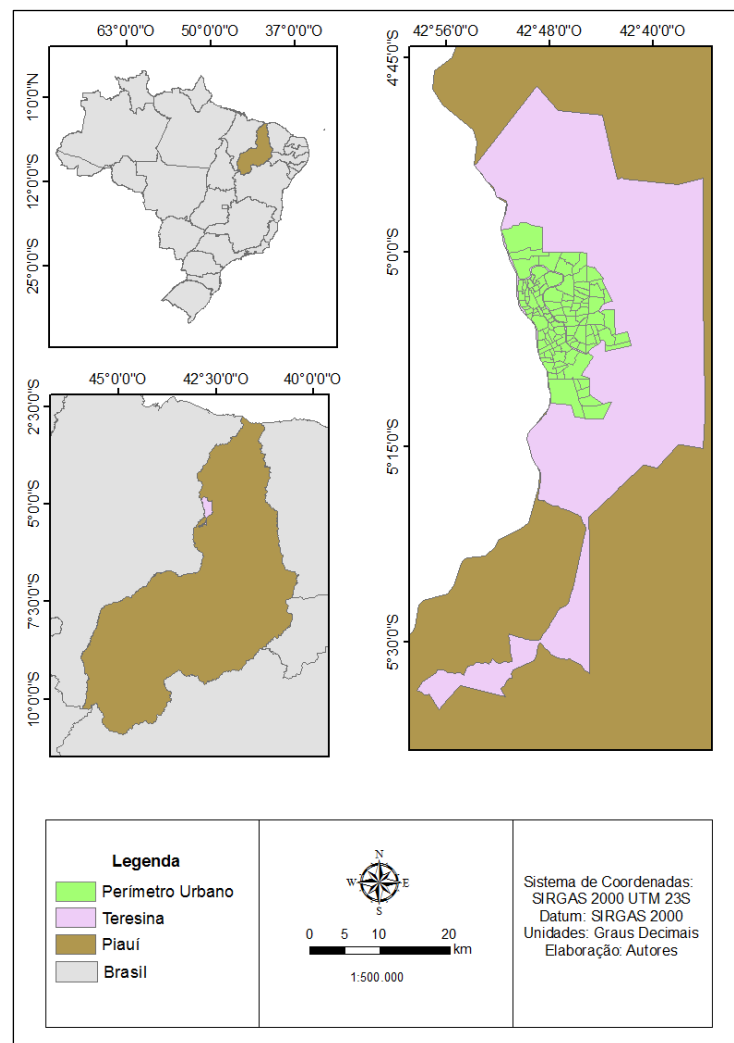


Figura 1 – Mapa de Localização da zona urbana do município de Teresina.

O clima é tropical subúmido-quente, com duração do período seco de cinco meses, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,2% da evapotranspiração potencial no trimestre setembro – outubro – novembro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). A temperatura máxima é de 40°C e a mínima é de 22°C. Fica em uma zona ecológica de transição entre as Matas de Babaquais (Leste) e a Mata Pré-Amazônica (Oeste). Dois rios cortam sua malha urbana: o Parnaíba e o Poty. Teresina possui população estimada em 844. 245 habitantes sendo 767.557 habitantes residentes na zona urbana e aproximados 73.000 habitantes residem na área rural (IBGE, 2010)

2.2 Metodologia

As informações e arquivos vetoriais referentes aos pontos cotados e curvas de nível foram adquiridos na Prefeitura Municipal de Teresina. A metodologia utilizada foi baseada na utilizada por Oliveira (2010), no qual elaborou-se o do Modelo Digital de Elevação (MDE) e a espacialização das áreas de inundação por cota e por curva de nível.

Inicialmente foi coletado a série histórica das informações fluviométricas dos anos de 1988 à 2015, o seu tratamento deu-se por meio da organização da série e filtragem das ocorrências de maiores registros de cotas no software LibreOfficeCalc, sendo selecionado o

ano de 2009 devido ser o ano de ocorrência de inundação de grande magnitude mais recente. Os valores da medição das cotas (tabela 1) foram importantes para a obtenção da verdadeira magnitude das inundações. Os dados foram coletados no site da Agência Nacional das Águas - ANA- (2016) na estação de código 34789000 e são referentes às cotas do rio Poti.

Tabela 1. Informações de cota máxima do ano de 2009. Fonte: ANA (2016).

Ano	Data	Rio Poti (cm)
2009	23/01/09	272
2009	12/02/09	372
2009	28/03/09	552
2009	30/04/09	1002
2009	05/06/09	327
2009	01/07/09	157
2009	01/08/09	129
2009	06/09/09	94
2009	03/11/09	97
2009	30/12/09	261

Para o MDE utilizou-se dois interpoladores, a triangulação (TIN) e o *Topo to Raster*. Como apresenta Oliveira (2010) o TIN é uma adaptação da triangulação de *Delaunay* e trata-se de um interpolador exato em que o algoritmo cria triângulos através da ligação dos pontos amostrais, sendo muito eficiente para representar relevos acentuados no quais são armazenados três conjuntos de registros no banco de dados: a lista de nós, a lista de apontadores e a lista de triângulos. O *Topo to Raster* é um método projetado especificamente para a criação de modelos digitais de elevação hidrológicamente corretos além de ser um interpolador que mescla a eficiência computacional dos métodos de interpolação locais (como o inverso do quadrado da distância) com a continuidade da superfície de métodos de interpolação globais, como a *krigagem* e o *spline*, que permite ao MDE representar as mudanças abruptas do terreno, como os rios e os cumes, sendo normalmente inseridos dados de entrada como os pontos cotados, as curvas de nível e as linhas de drenagem (OLIVEIRA, 2010).

Como feito por Oliveira (2010) primeiramente, procedeu-se a interpolação por triangulação por meio do menu *3D Analyst – Create/Modify TIN – Create TIN from Features*. Em seguida, com a inserção dos mesmos dados, fez-se a interpolação pelo *Topo to Raster*, através dos menus *ArcToolbox – 3D Analyst Tools – Raster Interpolation*. Em seguida, de forma automatizada, foram selecionados, através da ferramenta *Select by Attributes*, todos os triângulos planos (*Aspect* igual a -1) obtidos com a primeira interpolação.

Nesses locais, foram criados diversos pontos, para os quais foram extraídos os valores de elevação do MDE interpolado pelo *Topo to Raster*. A partir da inserção desses novos pontos, fez-se a atualização do arquivo TIN. Esse procedimento forçou o algoritmo a não criar triângulos planos. Na atualização, são modificados somente os locais onde houve o ingresso de novos dados, reduzindo o esforço computacional. O arquivo TIN foi convertido para o formato de grade (raster). A partir disso foi delimitado a cota máxima do rio Poti para o ano de 2009 e gerando os mapas com as abrangências das áreas de inundação. Por fim foram gerados os perfis topográficos por meio da barra *3D Analyst - Create Line of Sight*, sendo selecionado dois pontos e gerado o perfil ao selecionar a opção *Create Profile Graph*.

3 Resultado e Discussão

A figura 2 apresenta o mapa de altitude da área urbana de Teresina e destaca o perfil topográfico em três pontos onde se encontra a maior concentração de áreas antropizadas.

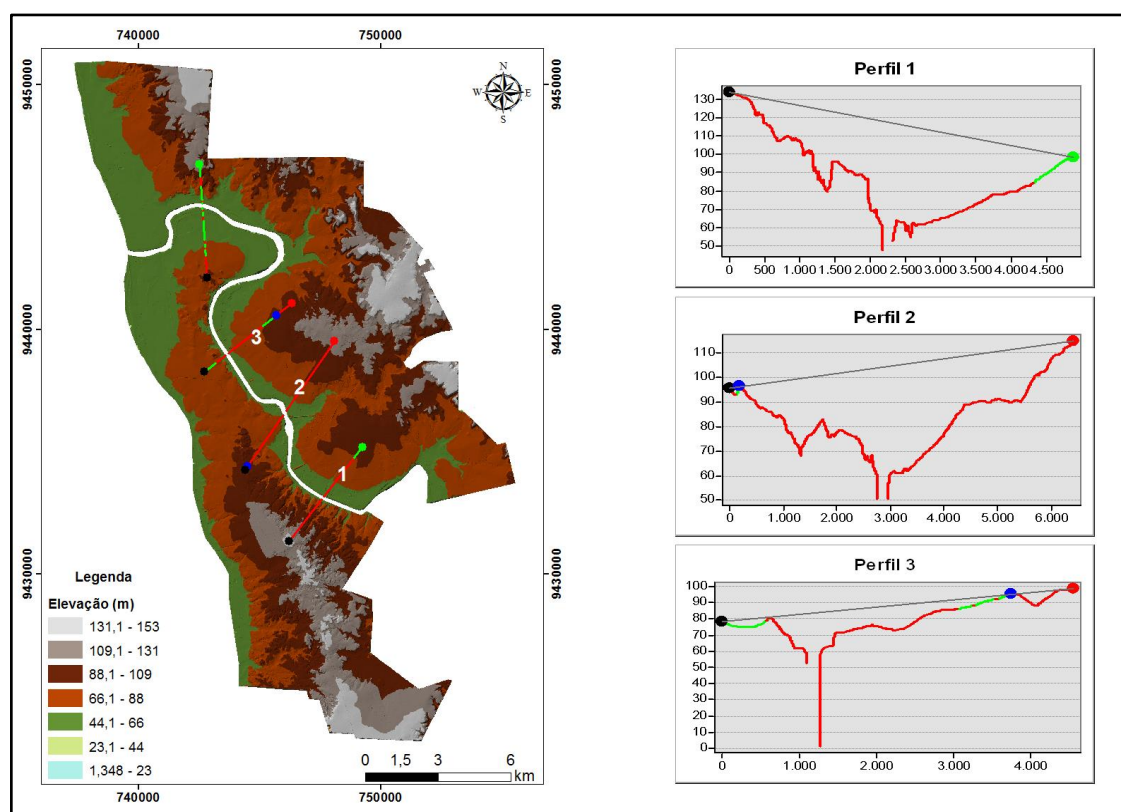


Figura 2 – Mapa de altitude e perfis topográficos. Fonte: Autores.

Diante das informações constantes na tabela, observou-se que as inundações mais severas ocorreram nos meses de Fevereiro, Março e Abril, meses demarcado pelo verão teresinense que apresenta como característica muita chuva. A figura 3 apresenta o mapa com a cota máxima registrada (1002 cm) de inundação do rio Poti do ano de 2009, podendo constatar que houve o aumento de 10,02 metros, sendo que ele possui altura média equivalente a 55 metros, segundo Teresina (2001), atingindo a cota equivalente a 65,02 metros.

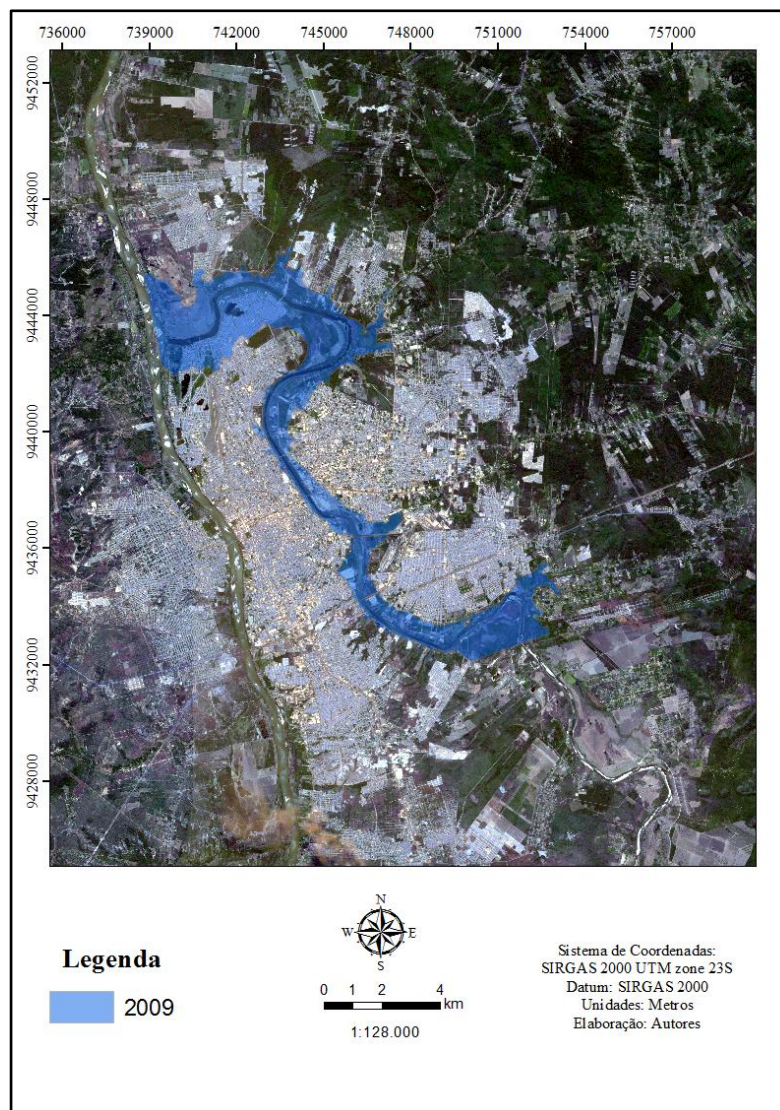


Figura 3 – Mapa de inundação

De acordo com o mapa, várias residências encontram-se na área de inundação do rio, devido a sua urbanização ter ocorrido no entorno do mesmo, ficando expostas ao risco como contaminação por doenças e perdas materiais.

4 Conclusões

De acordo com o processamento dos dados e resultados obtidos, constatou-se que as curvas de nível representaram de forma mais adequada o terreno da área de estudo. Através dos resultados encontrados, as geotecnologias mostraram-se eficazes para o estudo de inundação, pois através delas pode-se identificar áreas susceptíveis ao risco. As informações geradas mostraram-se importante para auxiliar na tomada de decisões.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Mapa dos trechos de cursos d'água com vulnerabilidade a inundações**. Disponível em:

<<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=987367629d6a4bb18e876630347cec4a>>.

Acesso em: 02 de Maio de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 02 de Maio de 2016.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. **Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 143-151, maio/ago. 2005. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/260/255>>. Acesso em: 26 de Abril de 2016.

BASTOS, A. E.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim agrometeorológico de 2014 para o município de Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2015**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1037757/1/Doc236Boletim.pdf>>. Acesso em: 15 de Abril de 2016.

CHAVES, S. V. V. . **IMPACTOS PLUVIAIS E VULNERABILIDADE SÓCIOAMBIENTAL EM TERESINA, PIAUÍ, BRASIL**. In: 14º Encuentro de Geógrafos da América Latina, 2013, Lima. Anales del XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina 2013 Perú, 2013. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Climatologia/17.pdf>>. Acesso em: 30 de Setembro de 2016.

FERNANDES, N. S. ; MIOLA, A. C. **Geoprocessamento aplicado no mapeamento de áreas com risco de inundação em Santa Maria-RS**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz Iguaçu - PR. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1332.pdf>>. Acesso em: 01 de Maio de 2016.

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**. Sociedade & natureza (UFU. Online) , v. 21, p. 57-75, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a05v21n2.pdf>> Acesso em: 05 de Maio de 2016.

IBGE, 2010. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 de Maio de 2016.

OLIVEIRA, G.C. **MODELOS PARA PREVISÃO, ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DAS ÁREAS INUNDÁVEIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ, RS, 2010**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/Dissert_GuilhermeOliveira.pdf>. Acesso em: 01 de Maio de 2016.

PERINI, A.B.; Marcuzzo, F. F. N. ; SILVA, D. R. A. **Modelos Digitais de Elevação no mapeamento de suscetibilidade de inundação no município de Pedro Osório/RS**. In: XVI SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013, Foz do Iguaçu. Anais do XVI SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. São José dos Campos: INPE, 2013. v. 1. p. 6417-6424. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1167.pdf>>. Acesso em: 01 de Maio de 2016.

TERESINA. Prefeitura Municipal de Teresina. **Teresina Agenda 2015: Plano de Desenvolvimento Sustentável**. Teresina: PMT, 2001. Disponível em:<<http://www.teresina.pi.gov.br/portalmpt/orgao/SEMPLAN/doc/20080924-160-591-D.pdf>>. Acesso em: 08 de Outubro de 2015.

VEYRET, Y. Os Riscos. **O Homem Como Agressor e Vítima do Meio Ambiente**. São Paulo, 2007.