

GEOTECNOLOGIA APLICADA AO MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS ÀS INUNDAÇÕES NA LOCALIDADE BEIRA RIO, PAÇO DO LUMIAR – MA

Ricardo Gonçalves Santana¹

Vitor Raffael Oliveira de Carvalho²

Getúlio Estefânio Duarte Martins³

Júlia Letícia Pereira Ferreira⁴

Carlos dos Santos Batista⁵

José de Ribamar Carvalho dos Santos⁶

INTRODUÇÃO

A possibilidade de identificação e mapeamento das áreas propensas a ocorrências de desastres naturais tem se tornado uma peça fundamental para o auxílio à elaboração de políticas públicas e à estruturação dos planos de mitigação. Nesta perspectiva, o desenvolvimento das geotecnologias passa a assumir um papel de fundamental importância no âmbito da ciência geográfica e geomorfológica, pois, por meio deste conjunto de ferramentas, torna-se possível uma análise detalhada do funcionamento da paisagem.

Campos et al.(2015) destaca que, a espacialização das áreas suscetíveis a um determinado fenômeno (enchente, inundação, deslizamentos, erosões, etc.) é fundamental para o planejamento do uso e ocupação do solo, especialmente no que diz respeito a prevenção de desastres naturais em meio à urbanização, além de contribuir para a administração das áreas ocupadas.

Em decorrência do crescimento populacional em curso, a expansão urbana não direcionada tem conduzido o homem à ocupação das áreas inapropriadas, o que tem ocasionado o aumento da ocorrência dos desastres, principalmente no meio urbano. Kobiyama (2006) fundamentado em Castro (1998) corrobora que, um desastre é

¹ Doutorando em Geografia/Técnico do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, E-mail: ricardogsantana1919@gmail.com;

² Mestrando em Geografia/Chefe do Departamento de Geoprocessamento e Estudos Territoriais do IMESC, E-mail: vitor.carvalho@imesc.ma.gov.br;

³ Geógrafo/Técnico do IMESC, E-mail: getestefanio@gmail.com;

⁴ Mestra em Geografia/Técnica do IMESC, E-mail: juliapereira@gmail.com;

⁵ Mestre em Geografia/Técnico do IMESC, E-mail: carllosantoz@gmail.com;

⁶ Mestre em Saúde e Ambiente/Diretor do Setor de Estudos Ambientais e Geoprocessamento do IMESC, E-mail: ribageo@yahoo.com.br.

caracterizado como o resultado de ocorrências prejudiciais, sejam elas naturais ou originadas pela ação humana, que afetam um ecossistema vulnerável, resultando em danos às pessoas, propriedades e ao meio ambiente, além de ocasionar perdas econômicas e sociais.

Na Ilha do Maranhão, esta dinâmica não é diferente, uma vez que no ano de 2022 a área em questão conta com cerca de 1.458.836 habitantes, conforme destaca o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022). Por esta razão diversas áreas foram e estão sendo ocupadas de forma inapropriada, cita-se os compartimentos geomorfológicos com dinâmicas específicas, como as planícies (fluviomarinha e fluvial), colinas esparsas e tabuleiros. Neste sentido, a presente pesquisa tem como objetivo principal espacializar as áreas suscetíveis às inundações na localidade Beira Rio, com o auxílio de simulações ao fenômeno em análise, por meio da aplicação das geotecnologias.

Área de estudo

A localidade Beira Rio situa-se às margens da rodovia MA - 204 no bairro Mocajituba – região da Maioba, na área municipal de Paço do Lumiar, no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Paciência - Ilha do Maranhão. A área em questão foi escolhida em razão da ocorrência de inundações anualmente (associada à elevados índices pluviométricos no primeiro semestre do ano), que afetam a população residente e os usuários da rodovia supracitada (Figura 01).

Figura 01 – Localização do Beira Rio – Paço do Lumiar/MA



Fonte: Autores (2023).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram seguidas diversas etapas metodológicas, visando alcançar o objetivo proposto. Nesta perspectiva, realizou-se os seguintes procedimentos: levantamento bibliográfico, trabalhos de campo, mapeamento temático (Modelo Digital do Terreno – MDT, Hipsometria, Declividade, Uso e ocupação do solo, identificação das áreas suscetíveis e manchas de inundação) e a simulação ao fenômeno em questão.

O levantamento bibliográfico é uma das fases mais importantes na estruturação das investigações científicas, pois possibilita ao pesquisador o suporte teórico-metodológico necessário para o conhecimento e aperfeiçoamento da temática abordada. Sendo assim, foram realizadas pesquisas em livros, teses, dissertações e artigos especializados. Em relação aos trabalhos de campo, foram executados no ano de 2023 com o intuito de reconhecimento da área e validações das informações levantados em gabinete. Para estruturação dos dados da simulação à inundação e do uso e ocupação do solo, houve a necessidade do levantamento de imagens de alta resolução com veículo aéreo não tripulado. Nas idas à campo, utilizou-se os seguintes materiais: máquina fotográfica, Global Positioning System - GPS, Drone Mavic Pro, trena e caderneta de campo.

Para aquisição dos dados necessários para o mapeamento temático, assim como as bases necessárias para elaboração da simulação, foi imageado uma área de 40 hectares com o auxílio do drone, a uma elevação de 120 metros (promovendo uma resolução dos pixels no valor de 4 cm). O tratamento das imagens adquiridas foi efetuado no software Agisoft Metashape, onde foi gerado a fototriangulação e as ortoimagens para extração das informações do terreno (Modelo Digital de Superfície – MDS, Modelo Digital de Elevação – MDE, Modelo Digital do Terreno – MDT) e do uso da área.

Com base nos elementos do MDT, foram extraídas as curvas de nível com equidistância de 50 cm. Para o tratamento (suavização) dessas curvas, utilizou-se o programa Arcmap do software ArcGis® for Desktop Advanced, versão 10.5 (Licença Esri#543203). Em relação a inclinação das vertentes, foi gerada a partir do MDE, através da operação *3D Analyst Tools – Raster Surface – Slope*.

Em relação ao mapeamento das tipologias de uso e ocupação do solo da área objeto de estudo, criou-se uma chave de interpretação por meio da análise das imagens de satélite Landsat 8 e das ortoimagens adquiridas com o drone. Logo, a espacialização

das feições de uso foram validadas em campo, buscando categorizar as classes conforme a realidade local.

A simulação à inundação foi realizada no programa ArcScene do software ArcGis® (anteriormente citado). Sendo assim, utilizou-se os dados do modelo digital do terreno, combinado com o modelo digital de superfície (altura das árvores e das residências) e as ortomagens da área. Após esta etapa, foi adicionado as informações altimétricas da área objeto de estudo, em seguida gerou-se a animação da simulação da inundação na localidade Beira Rio, viabilizando a identificação das áreas suscetíveis ao fenômeno em questão.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para Rosa (2011), as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica. Para Fitz (2008), são tecnologias novas que se inter-relacionam as geociências, e em áreas de estudo como planejamento, gestão de processos, acerca da produção do espaço geográfico. Desta forma, faz-se uso da aplicação das geotecnologias ao mapeamento das áreas suscetíveis a inundação na região do Beira Rio, Paço do Lumiar – MA, de modo a extrair informações e valor que auxiliem no planejamento e ordenamento territorial da região.

Segundo Amaral e Ribeiro (2015), às inundações, caracterizam-se como o transbordamento das águas de um canal fluvial, ultrapassando o leito maior excepcional, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. No que diz respeito a suscetibilidade, Leal (2018, p. 37) define suscetibilidade como a “propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área”.

Por ordenamento territorial, entende-se que “é uma questão política associada à mudança de natureza do Estado e do território, e da relação do Estado com seu território” (Brasil, 2006, p.12). Assim, o desenvolvimento das geotecnologias mostrou-se um excelente conjunto de ferramentas que a partir das suas aplicações podem subsidiar e direcionar políticas em diferentes segmentos da esfera pública.

Podemos citar como alguns exemplos desses instrumentos tecnológico os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), Sensoriamento Remoto, etc. Para Florenzano (2008), a técnica de sensoriamento remoto consiste na aquisição, de forma remota, de dados da superfície terrestre. Ainda segundo a autora, são os objetivos da pesquisa que define a

seleção de dados de sensoriamento remoto. Deve-se levar em conta a geografia da área, para se definir os elementos referente as características das imagens.

No aprimoramento para o mapeamento das áreas suscetíveis a inundação, além da utilização de imagens orbitais, utilizou como subsídio Veículo Áereo Não Tripulado (VANT). Essa tecnologia consorciada com as técnicas em geotecnologias tem se mostrado relevante dentro do contexto de cada pesquisa. A geração de ortomosaicos a partir da captação de imagens da área de estudo por meio de VANTs, consiste em um dos produtos gerados para o mapeamento das áreas mencionadas anteriormente.

Segundo Sila et al. (2015), a aplicação adequada da técnica, torna possível gerar produtos com alto grau de acurácia e precisão como são os ortomosaicos e os modelos digitais de terreno. Para Warren (2015), a utilização dos VANTs, são uma maneira de obter imagens de alta resolução, com aplicações satisfatórias em distintos segmentos como agricultura, uso e ocupação do solo, irrigação, abastecimento, etc. Mitishita et al. (2014), complementa que o uso dos VANTs proporcionam uma “rápida aquisição de dados local”, assim como a o “acompanhamento das áreas em um curto período de tempo.” O que contribui para a tomada de decisão e assessoria para intervenções da gestão pública.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Ilha do Maranhão (abrange as áreas municipais de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa) possui uma extensa rede hidrográfica, composta por várias bacias de drenagem. Entre os rios mais importantes, em ordem decrescente, estão o Paciência, Tibiri, Bacanga, Santo Antônio, Cachorros e Anil (Silva, 2012). Essas bacias drenam os municípios inseridos na ilha supracitada.

Entre os anos de 1991 – 2022, a Ilha do Maranhão obteve uma acréscimo populacional de 638.705 habitantes, conforme aponta o IBGE (2022). Em decorrência desse crescimento, diversas morfologias do terreno (como as planícies fluviais), foram ocupadas inadequadamente, ocasionando mudanças significativas nas formas. Como resultado, várias residências foram construídas nas proximidades dos canais fluviais das bacias hidrográficas locais, impactando as suas margens e a dinâmica hidrogeomorfológica das áreas.

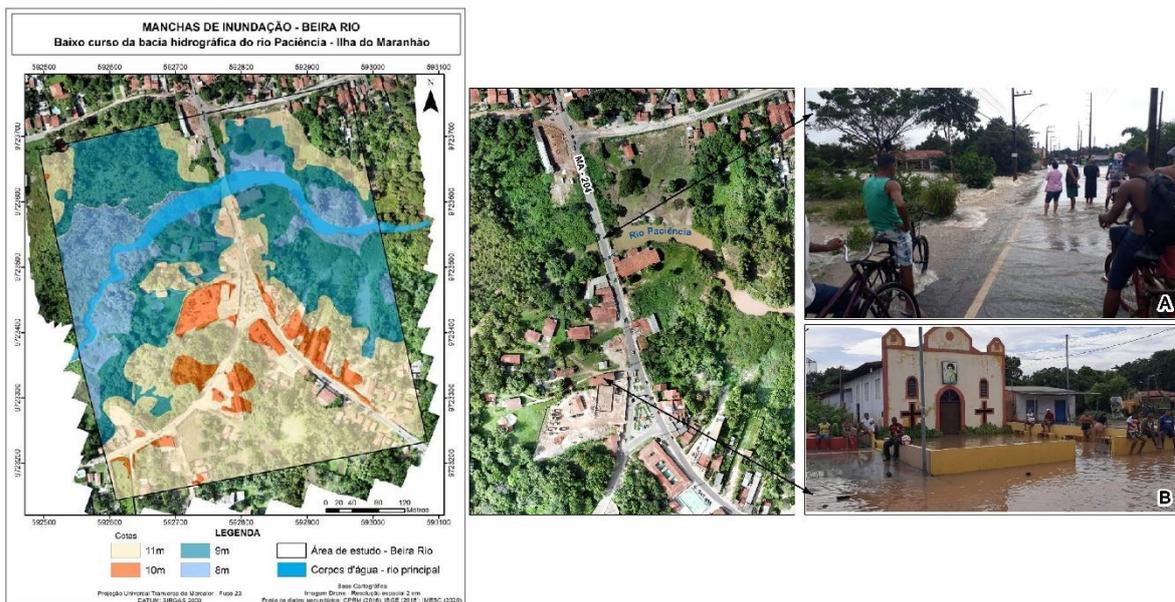
Devido ao elevados quantitativos pluviométricos que ocorrem no início de cada ano, as inundações são recorrentes na Ilha do Maranhão, afetando diversas localidades

em toda a sua extensão. Em razão dos baixos valores altimétricos, quando há ocorrência de chuvas com grande intensidade, tem-se a ocupação de toda as áreas marginais do curso d'água, denominadas planícies de inundação.

A planície de inundação da localidade Beira Rio detém um uso e ocupação do solo classificada como urbano de média densidade, com presença de vegetação secundária mista e algumas áreas de solo exposto. Esta dinâmica presente é resultado de uma expansão urbana não direcionada gera diversos problemas de ordem social e ambiental, pois a população de menor poder aquisitivo ocupa as áreas suscetíveis, ou seja, a presença dos seres humanos fazem com que estes ambientes se tornem áreas de risco.

Com base nos dados de elevação, declividade e relevo, espacializou-se as manchas de inundação, constatando-se que, as residências instaladas nas cotas de entre 8 e 11 metros possuem maior possibilidade da deflagração do fenômeno em questão. O período chuvoso do ano de 2021 foi marcado pela ocorrência de chuvas intensas, ocasionando a elevação da lâmina d'água, o que obstruiu o fluxo da rodovia MA – 204; nesta ocasião a massa d'água atingiu diversas residências, em até 130 metros das margens fluviais, causando perdas econômicas para os habitantes locais (Figura 02).

Figura 02 – Manchas de inundação na área objeto de estudo



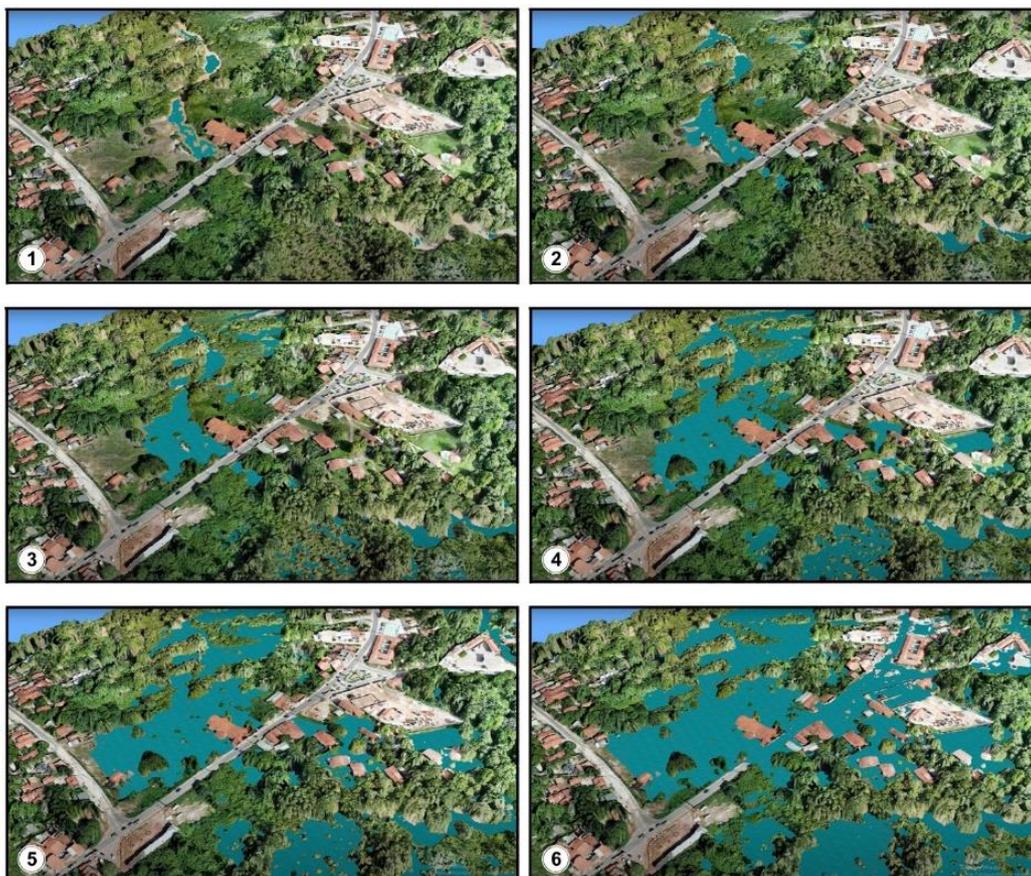
Fonte: Autores (2023).

Com base nos dados adquiridos por meio do levantamento aerofotogramétrico, assim como o produto relativo às manchas das inundações, tornou-se possível a estruturação da simulação ao evento em análise. A animação da simulação pode ser vista no link a seguir: <https://www.youtube.com/watch?v=cavFFiGmx-4>.

Por intermédio da simulação gerada correlacionado às manchas de inundação estabelecida, identificou-se que na cota de 8 metros não existem residências instaladas, já na cota de 9 m existem 6 moradias; a de 10 metros conta 16 instalações familiares e a cota de 11 m com 28 casas. Quando o período chuvoso é marcado por um quantitativo expressivo de ocorrências pluviométricas, o nível da água eleva-se e atinge essas moradias, muitas das vezes recorrentemente.

A simulação representa as etapas de elevação da lâmina d'água, inicia-se com corpo hídrico em estado normal, ocupando o leito do canal, nas áreas de maior incidência fluvial. De acordo com a intensidade das chuvas e com o tempo de duração, o leito recebe um volume maior de água, iniciando a ocupação das áreas marginais, conforme mostra as imagens 2 e 3. Após estas etapas, o volume d'água começa a afetar as residências que estão próximas ao canal, nesta etapa quantifica-se que o evento afetaria cerca de 15 moradias, causando prejuízos materiais, sendo representada nas imagens 4 e 5. Na fase em que a inundação já está instalada, tem-se a obstrução da MA – 204 e o volume hídrico alcançaria até 150 metros além das margens fluviais (Figura 03)..

Figura 03 – Simulação à inundação na localidade Beira Rio



Fonte: Autores (2023).

Vale ressaltar que as inundações são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica de uma bacia hidrográfica. Contudo, a construção de residências próximas aos corpos d'água e a modificação das margens dos rios, além das alterações nos aspectos fisiográficos da bacia de drenagem, agravam essa situação, resultando no aumento da frequência e na intensidade desses eventos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das geotecnologias aplicadas em diversas áreas do conhecimento tem avançado consideravelmente nos últimos anos. Por esta razão, torna-se necessário o desenvolvimento de ensaios metodológicos, buscando aprimorar a utilização adequada desta ferramenta, para que se obtenha resultados satisfatórios.

Sendo assim, por meio do mapeamento das áreas suscetíveis a inundação e da simulação ao fenômeno em questão, através do emprego das geotecnologias, possibilitou a identificação dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo, assim como viabilizou o levantamento das características do terreno (o que permitiu a identificação das áreas suscetíveis ao processo em análise, assim como as residências instaladas nessas localidades).

Conclui-se que a área em análise possui um relevo predominantemente plano, o que configura baixas elevações, com incisão fluvial aparente, caracterizando um fundo de vale. A análise da simulação realizada permitiu inferir que as residências foram instaladas em cotas altimétricas suscetíveis à inundação, de modo que quanto maior o quantitativo pluviométrico, maior a probabilidade do fenômeno atingir a população.

Palavras-chave: Desastres naturais; Suscetibilidade; Inundações, Ilha do Maranhão.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. In: (orgs). TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 3ª ed. Instituto Geológico, São Paulo/SP, 2015.

CAMPOS, S. J. A. M.; STEFANI, F. L.; PAULON, N.; FACCINI, L. G.; BITAR, O. Y. Mapeamento de áreas sujeitas à inundação para planejamento e gestão territorial: cartas de suscetibilidade, perigo e risco. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 67-81, 2015.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de**

desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação.** São Paulo, Oficina de Textos, 2008.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos.** Curitiba: Organic Trading, 2006.

LEAL, T. S. Análise da **suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do rio João Mendes, Niterói – RJ: planejamento e gestão das águas em áreas urbanas.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo/RJ, 2018.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MI). “**Elaboração de subsídios técnicos e documento-base para a definição da Política Nacional de Ordenação do Território– PNOT**”. Brasília: MI/SDR/UNB/IICA, 2006. 251 p.

MAROTTA, G. S.; FERREIRA, A. M. R.; ROIG, H. L.; DE ALMEIRA, T. Avaliação de câmara de pequeno formato transportada por veículo aéreo não tripulado para uso em aerolevantamentos. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 67, n. 3, 2015.

MITISHITA, E. A.; GONCALVES, J. E; GRACA, N. L. S. S; CENTENO, SILVA, J. A.; MACHADO, A. M. L. O uso de veículos aéreos não tripulados (vants) em aplicações de mapeamento aerofotogramétrico. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2014, Gramado. **Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia**, 2014.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 30 abr. 2011.

SILVA, C. A.; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R.; BICHO, C. P.; SABADIA, J. A. B. Avaliação da acurácia dos ortomosaicos e modelos digitais do terreno gerados pelo MVANT/DNPM. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 7, p. 1479-1495, nov./dez. 2015. ISSN: 1808-0936.

WARREN, M. S. Avaliação de uso de Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT em atividades de fiscalização da Agência Nacional de Águas. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR/INPE**, João Pessoa-PB, 2015.