

USO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA ANÁLISE DE INUNDAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DO COMPLEXO DO PASSO DA PÁTRIA, NATAL, BRASIL

Davi Samuel Ferreira Pontes¹, Lutiane Queiroz de Almeida¹, Ana Clara Celestino Belchior^{1*} e Eduardo Sousa de Azevedo¹

RESUMO

O uso de aeronaves remotamente pilotadas (ARP) possibilitam análises e definição, com alta precisão, das áreas expostas, auxiliando no mapeamento e modelagem. Salienta-se que permitiu também a mensuração da população em risco na área de estudo. Deste modo, objetiva-se identificar o grau de exposição ao risco de inundação no Complexo do Passo da Pátria, Natal/RN, Brasil. Os dados primários utilizados foram coletados por ARP em trabalhos de campo que permitiram, com o auxílio de sistemas de informação geográfica, construir um mapeamento de síntese do risco de inundação. A metodologia que orienta este estudo parte de trabalhos anteriores, embora adaptado para a realidade local. Ao final, constatou-se que o risco de inundação na área de estudo é caracterizado de forma alta, sobretudo no corredor onde transita o Canal do Baldo, por pertencer a uma das áreas de baixa altimetria do Complexo. Contudo, também se nota que outras áreas estão propícias ao risco de inundação. A metodologia pode servir como auxílio importante para áreas de risco de detalhe, devido a seu baixo custo, detalhamento e eficiência ao suporte de decisões de prevenção de desastres proveniente de inundações.

PALAVRAS-CHAVE

Inundação, Risco, Aeronave Remotamente Pilotada

USO DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA PARA EL ANÁLISIS DE INUNDACIONES: UN ESTUDIO DE CASO DEL COMPLEJO PASO, NATAL, BRASIL

RESUMEN

El uso de Aeronaves Pilotadas a Distancia (APD) permite un análisis y una definición altamente precisos de áreas expuestas, ayudando en el mapeo y modelado. Las APD también permiten la medición de la población en riesgo en el área de estudio. El objetivo de este trabajo es identificar el grado de exposición al riesgo de inundación en el Complejo Passo da Pátria, Natal/RN, Brasil. Los datos primarios fueron recopilados por APD en un trabajo de campo que permitió, con la ayuda de sistemas de información geográfica, construir un mapeo de síntesis de riesgo de inundación. La metodología que guía este estudio parte de trabajos previos, aunque adaptada a la realidad local. Entre los resultados, se encontró que el riesgo de inundación en el área de estudio está altamente caracterizado, especialmente en el corredor por donde cruza el Canal Baldo, áreas de bajo altímetro del Complejo. También se observa que otras áreas son propensas al riesgo de inundación. La metodología puede servir como una ayuda importante para identificar áreas de riesgo detallado debido a su bajo costo, siendo eficiente además en el apoyo a las decisiones de prevención de desastres por inundación.

PALABRAS CLAVE

Inundación, riesgo, Aeronave Pilotada a Distancia

1. Universidade Federal do Rio Grande do Norte UFRN, Natal, RN, Brasil.

*Autor de correspondencia: clarae26o@gmail.com

RECIBIDO

11 de diciembre de 2019

ACEPTADO

4 de febrero de 2020

PUBLICADO

1 de julio de 2020

Formato cita

Recomendada (APA):

Ferreira Pontes, D.S., Queiroz de Almeida, L., Celestino Belchior, A.C. & Sousa de Azevedo, E. (2020). Uso de Aeronave Remotamente Pilotada para Análise de Inundações: Um Estudo de Caso a partir do Complexo do Passo da Pátria, Natal, Brasil. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 4(2), 97-110.



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

Diseño: Lupe Bezzina

USE OF REMOTELY PILOTED AIRCRAFT FOR FLOOD ANALYSIS: A CASE STUDY OF PASSO DA PÁTRIA COMPLEX, NATAL, BRAZIL

ABSTRACT

The use of remotely piloted aircraft (RPA) enables highly accurate analysis and definition of exposed areas, assisting in mapping and modeling. RPA also allows the measurement of population at risk in the study area. The study's objective is to identify the level of exposure in the Passo da Pátria Complex, Natal/RN. The primary data used in the study were collected by ARP in field work. Alongside with the support of geographic information systems, the data enable to construct a flood risk synthesis mapping. The methodology that guides this study starts from previous works and adapted to local reality. As the results, it was found that the risk of flooding in the study area is highly characterized, especially in the corridor where the Baldo Canal as it belongs to one of the low altimeter areas of the Complejo. However, it is also noted that other areas are prone to flood risk. The methodology can serve as an important aid to identify detailed risk areas due to its low cost, precision and efficiency, and in supporting flood disaster prevention decisions.

KEYWORDS

Flood, Risk, Remotely Piloted Aircraft

INTRODUÇÃO

As cidades estão progressivamente mais vulneráveis, dispondo cada vez mais de aspectos que conduzem ao risco de desastres. Vários fatores têm contribuído, estando estes predominantemente relacionados à suscetibilidade do local, que no caso brasileiro, tem seu histórico ligado a acelerada expansão dos centros urbanos e ao desenvolvimento desordenado das cidades do interior, onde em ambos os casos, não contaram com planejamento prévio (Costa et al., 2010), contudo, sem desconsiderar a exposição natural a que os ambientes estão dado as características geomorfológicas, por exemplo.

Junto ao desenvolvimento desordenado das cidades, se verifica governos locais desinteressados em ações com foco na Redução do Risco de Desastres (RRD); baixa participação social no planejamento urbano; ausência de fiscalização, de recursos financeiros, físicos ou humanos para ações de RRD, desta forma fomentando condições para construção do risco. Além disso, se tem gestão inadequada dos recursos hídricos, sistemas de drenagem ineficientes que podem vir a causar deslizamentos de massa, inundações, entre outros.

Nesse contexto que os estudos sobre risco são de suma relevância para a compreensão das dinâmicas territoriais, pois, analisam tanto os aspectos naturais quanto sociais, fazendo uma conexão holística. E, embora haja desastres que são apresentados como "naturais", por haver alguma interferência/condição da natureza, o que acontece na realidade são que muitas localidades sofrem diretamente pela falta de planejamento, sobretudo as localizadas em zonas potencialmente de risco.

A ocorrência de inundações atingem de forma recorrente as grandes cidades, devido à fatores mencionados acima e motivado também pela ineficácia do sistema de drenagem; a ocupação irregular de áreas naturalmente expostas por pessoas social e economicamente mais vulneráveis; e a ausência da atuação do poder público. Esses locais têm a chuva (fenômeno hidrológico) apenas como agente deflagrador do desastre, o qual é construído pela sucessão de fatores também já mencionados anteriormente.

Amaral e Ribeiro (2009) apontam que as distintas formas de problemas (enchente, inundação ou alagamentos) devem ser analisada a partir da relação entre os condicionantes naturais e antrópicos. Com isso, para o entendimento do processo de inundação tem-se que levar em conta o comportamento climático, as características geomorfológicas e transformações da cobertura vegetal. Além da ocupação desordenada em áreas expostas a inundação.

Nesse cenário que a aplicação de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) mais conhecidos por drones, tem ganhado bastante popularidade, sendo utilizado por diversas áreas. As ARPs se tem mostrado como uma ferramentas de grande auxílio para a ciência. Na geografia as Aeronaves Remotamente Pilotadas permitem análises de problemas socioambientais em tempo real e com alta precisão, alta qualidade e riqueza de detalhes. As ARPs também possibilitam reconhecimento de áreas com alta precisão das áreas expostas, auxiliando no mapeamento e modelagem, além de permitir a mensuração da população em risco na área de estudo e contribuindo para minimizar os impactos socioambientais no local em questão.

O Complexo do Passo da Pátria, nosso objeto de estudo, é uma Área Especial de Interesse Social (AEIS) instituído pela Lei Complementar nº 44/2002 (Prefeitura do Natal, 2002). A comunidade abrange três bairros do município de Natal, Alecrim, Cidade Alta e Ribeira. Tendo origem entre os bairros de Ribeira e Cidade Alta. O Complexo é considerado uma das comunidades mais carentes da cidade que se estabeleceu por pessoas com baixo poder aquisitivo, atraídas pela proximidade do local com o rio Potengi que possibilitava a pesca para subsistência e a proximidade com duas principais regiões comerciais da cidade, ou seja, o mercado público da Cidade Alta e do Alecrim (Souza, 2007).

Desta forma, muitas habitações construídas na comunidade não apresentam o mínimo de infraestrutura necessária e não obedecem a nenhum critério de segurança. E além desses fatores estruturais, vale destacar também a presença do Canal do Baldo que passa diretamente pelo Complexo em direção ao rio.

Considerando o contexto discutido acima, surge então alguns questionamentos, como: o Complexo do Passo da Pátria apresenta condições de exposição a risco de inundação? Quais as condições das moradias e infraestruturais do Complexo ao risco de inundação? Sobre o uso

de ARP, qual as aplicações e potencialidades deste instrumento para estudos ambientais sobre redução dos riscos frente às inundações?

Neste contexto, o trabalho tem por objetivo principal identificar o grau de exposição ao risco de inundação no Complexo do Passo da Pátria, Natal/RN para identificar a exposição da comunidades aos problemas hidrológicos ano a ano. Como objetivos secundários se tem: caracterizar as condições das moradias e a infraestrutura do Complexo ao risco de inundações e compreender as potencialidades do uso de ARP nos estudos ambientais, neste caso, com foco na prevenção/redução dos riscos associados à inundação.

Haja vista os conceitos adotados para esse trabalho, compreende-se o risco com base no que Buffon, Sampaio & Paz (2018, p. 89) trataram, como “a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências negativas” no lugar, que é dado “em função da vulnerabilidade do grupo ou indivíduo” (Veyret, 2007, p.24). Sobre a vulnerabilidade, Buffon et al. (2018) apresentaram como “a vulnerabilidade ambiental (biofísica) que enfoca a probabilidade de exposição, e a social que evidencia a análise da probabilidade das consequências adversas” (Buffon et al., 2018, p. 88). Sobre desastres, destaca-se o que Buffon et al. (2018, p.88) pontuou como o “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” e complementa ainda Quarantelli (2005, p.26) que esses eventos “excedem a capacidade dessa comunidade em lidar com as consequências do desastre sem assistência externa”.

Ao final o que se entende por inundações são que estes processos são resultado de fenômenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela ação humana. Para este estudo considera-se como inundação o transbordamento d’água para além do leito de cheia ou a cota máxima, para o leito maior ou planície de inundação (exemplificado na Figura 1) que no Brasil é comumente habitado por pessoas de baixo poder aquisitivo.



Figura 1. Esquema de representação do processo de enchente e de inundação
Fonte: Carvalho et al. (2007)

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos utilizados teve como referência uma proposta metodológica desenvolvida por Buffon, Sampaio e Paz (2018) que apresenta quatro etapas. Para este estudo foi adotado apenas três etapas, que são: 1- delimitação da área de estudo e a caracterização da vulnerabilidade do lugar à inundação; 2- Aquisição dos dados espaciais, com o auxílio do VANT e o trabalho de campo, seguido do processamento em SIG; e 3- Simulação de inundação e mapeamento das áreas de risco de inundação.

Caracterização da área de estudo:

O Complexo do Passo da Pátria, está localizado entre os bairros de Cidade Alta, Alecrim e Ribeira, na Zona leste da cidade do Natal/RN, como representado na Figura 2 abaixo. É a maior comunidade ribeirinha da cidade do Natal, tendo uma área total de 205.506 m² (Prefeitura do Natal, 2002b) e limita-se ao Norte, pela margem direita do Rio Potengi; ao Sul, com a linha férrea; ao Leste, com a Pedra do Rosário, na sua porção inserida no bairro da Ribeira; e, a Oeste, com a Base Naval Almirante Ary Parreira, no bairro do Alecrim. A população do Complexo é de 5.125

habitantes e é considerado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como um aglomerado subnormal (IBGE, 2010).



Figura 2. Localização do Complexo do Passo da Pátria, Natal/RN
Fonte: Autores, 2020, com base na Prefeitura do Natal (2015)

O município de Natal, e conseqüentemente, o Passo da Pátria está situado na porção litorânea oriental do Rio Grande do Norte, inserida em uma região de domínio As', de clima tropical chuvoso quente com verão seco, segundo a classificação de W. Köppen. Apresenta uma pluviometria média em torno de 1.500 mm anuais. Dado sua proximidade com rio Potengi; a presença de um canal que corta o Complexo entre os bairros do Alecrim e de Cidade Alta e que tem contato direto com o rio (pode ser visualizado na figura 2); e uma frequência de alertas emitidos pela Defesa Civil em períodos chuvosos, é relevante observar os dias em que houveram precipitações (obviamente, correlacionados com outros fatores, como: condições geográficas locais, o tempo de ocorrência da precipitação, impermeabilização, taxa de impermeabilização do solo, entre outros condicionantes) acima de 50 mm, uma vez que Monteiro e Zanella (2017) o consideram o valor limite para a já ocorrência de desastres.

Tendo em vista isso, foi delimitado um período de 30 anos para coleta dos dados (1987-2017) e para o trabalho foi considerado o valor limiar de 60 mm, haja vista a grande quantidade de dados. O Quadro 1 apresenta os dias em que houveram precipitações igual ou acima de 60 mm. Nesse período, foram registrados 88 dias em que a precipitação foi igual ou superior ao limite definido, sendo concentrados principalmente no quadrimestre de março a junho e o mês de julho.

Relativo a outros aspectos, Vilaça (1985); Vilaça et al. (1986) destaca a geologia de toda a cidade de Natal a qual é essencialmente formada por materiais de origem sedimentar de idade mais recente, dispondo de maior deposição os arenitos da Formação Barreiras, que remontam a deposições fluviais, que dito cujo é um ambiente frágil ecologicamente. Sobre a geomorfologia, a cidade de Natal apresenta dois tipos principais de feições: tabuleiro planície costeira, onde encontramos dunas móveis e fixas, e planícies flúvio-marinhas, representadas pelo baixo curso do Rio Potengi.

O Complexo do Passo da Pátria encontra-se na planície flúvio-marinha no estuário do Rio Potengi. A planície flúvio-marinha sofre influência das oscilações das marés e dos processos continentais.

BDMEP – INMET					
Estação: NATAL – RN (OMM: 82598)					
Período solicitado dos dados: 01/01/1987 a 31/12/2017					
Os dados listados abaixo são os que encontram-se digitados no BDMEP					
Data	Precipitação	Data	Precipitação	Data	Precipitação
10/06/1987	74.9	20/07/2000	66.4	09/06/2008	210.4
18/02/1988	66.6	02/08/2000	82.2	16/06/2008	111.7
05/05/1988	168.4	12/09/2000	70.8	01/07/2008	107.8
13/06/1988	87.8	28/04/2001	77.1	02/07/2008	216.8
25/06/1988	74.5	29/04/2001	70	07/08/2008	97.7
04/07/1988	87.6	05/06/2001	64.1	08/08/2008	171.9
07/07/1988	73.2	17/06/2001	153.1	17/01/2009	115.5
08/06/1989	72.5	07/03/2002	80.2	23/02/2009	66.1
03/06/1990	88.4	08/03/2002	83.7	24/02/2009	60.6
16/04/1991	87.1	23/03/2002	91.5	17/03/2009	63.6
18/04/1991	70.8	31/03/2002	70.5	20/04/2009	111.2
25/05/1991	65.5	18/06/2002	66.4	25/04/2009	70.7
30/05/1991	92.7	17/08/2002	117.5	11/05/2009	104.8
06/06/1991	62.2	18/08/2002	63.3	23/06/2009	97.1
27/06/1991	93.4	21/03/2003	72.7	24/06/2009	66.3
16/03/1992	72.2	11/06/2003	72.6	26/08/2009	72.8
01/04/1992	61.6	23/01/2004	60.4	06/05/2010	63.4
03/04/1992	60.5	26/01/2004	83.6	24/01/2011	115.6
04/04/1992	64.8	27/01/2004	64.4	13/04/2011	114.7
22/05/1992	61	28/01/2004	84.1	04/05/2011	73.9
10/06/1992	94.2	07/03/2004	104.4	04/06/2011	98.4
29/03/1993	65	01/06/2004	87.5	29/06/2011	75.7
22/04/1993	70	11/06/2004	78.4	16/07/2011	60.4
04/06/1994	66.8	18/06/2004	130.2	13/07/2012	92.7
14/06/1994	61.4	23/06/2004	92.8	15/05/2013	85.1
29/06/1994	84.6	14/07/2004	79.2	18/05/2013	96
04/07/1994	79.2	15/07/2004	152.4	09/06/2013	64.5
15/07/1994	73.3	12/05/2005	86	22/06/2013	77.9
16/07/1994	87.4	16/05/2005	163.5	02/07/2013	120.4
16/03/1995	103.8	03/06/2005	118.3	04/09/2013	125.6
03/05/1996	73.4	07/06/2005	96.7	14/03/2014	111.4
03/04/1997	119.1	23/06/2005	60.9	14/06/2014	131
02/05/1997	147.7	24/06/2005	64.6	15/06/2014	222
16/06/1998	68.3	22/02/2006	62.4	04/08/2014	62.2
09/07/1998	79.6	21/03/2006	70.1	09/09/2014	73.8
10/07/1998	69.9	30/04/2006	128.9	06/03/2015	66.2
19/07/1998	93.3	28/06/2006	69.5	25/06/2015	69.9
20/07/1998	77.6	02/03/2007	91.6	27/07/2015	66.6
29/07/1998	134.8	01/06/2007	60.4	11/05/2016	92.6
30/07/1998	253.2	13/06/2007	64.5	03/03/2017	73.7
27/05/1999	122.6	17/06/2007	118.4	30/04/2017	67.7
11/06/2000	89.2	29/03/2008	69.8	08/05/2017	64.8
27/06/2000	184.8	24/04/2008	105	30/05/2017	62
01/07/2000	141.2	29/04/2008	70.6	06/07/2017	116.1

Quadro 1. Dias com precipitação igual ou acima de 60 mm
Fonte: BDMEP – INMET (2017)

Procedimentos para definição da exposição no Complexo do Passo da Pátria:

Construção da base de dados

A fase inicial contou com levantamento bibliográfico acerca da temática, dos conceitos anteriormente já apresentados para obtenção do referencial teórico e para estruturar e embasar os procedimentos utilizados na pesquisa.

A aquisição dos dados primários deste trabalho aconteceu por meio de dois trabalhos de campo. O primeiro campo ocorreu no dia 25 de agosto de 2017 junto com o grupo de pesquisa Georisco e membros da Defesa Civil, instituição com a qual foi realizada uma parceria para facilitar e orientar os pesquisadores dentro do Complexo. Neste momento, o objetivo da visita de campo foi o reconhecimento da área, conversa informal com moradores, observação empírica e delimitação visual de áreas mais propícias a inundações ou que já ocorreram, a partir do relato dos moradores. A Figura 3 mostra o trajeto de campo realizado na área de estudo. O percurso orientado pelos

membros da Defesa Civil que optaram por esse trajeto específico, pois, segundo os mesmos são as áreas que apresentam mais chamados e índices de ocorrência, logo, mais suscetíveis a riscos de desastre de uma forma geral.



Figura 3. Trajeto do trabalho a campo, 2017
Fonte: Autores, 2020

Após essa visita, obteve-se as de curvas de nível de 1 m da cidade do Natal a partir do projeto da Prodetur (SETUR, SIN & IDEMA, 2006), para a elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT) do Complexo para definição das áreas prioritárias e posterior aplicação da Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) com maior efetividade para obtenção das curvas de nível com maior precisão para as áreas mais vulneráveis.

A segunda visita ocorreu no dia 31 de agosto de 2018 e optou-se pelo levantamento em uma praça um pouco afastada do Complexo, visando a segurança do grupo, do equipamento e que não afetasse a dinâmica e cotidiano dos moradores. O plano de voo foi definido no dia anterior ao campo, tendo base o tamanho da área obtidos a partir da medição dos hectares da zona identificada pelo auxílio do MDT elaborado com as curvas de nível do projeto da Prodetur (SETUR, SIN & IDEMA, 2006).

Dados de sensoriamento remoto

O equipamento utilizado foi uma ARP do modelo Phantom 3 Professional, disponibilizado pelo grupo de pesquisa Georisco do departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

O voo consistiu do uso de um sistema de Aeronave Remotamente Pilotada ARP, formado pela ARP e pela estação de pilotagem Estação de Pilotagem Remota (EPR), seguindo comandado pelo aplicativo Pix4d em um smartphone. O voo só foi realizado a partir do conhecimento prévio das condições meteorológicas, pois o levantamento é impossibilitado em dias chuvosos ou nublados. Com isso, o voo foi classificado por Pilotagem no Waypoint com o plano elaborado pelo aplicativo Pix4D, com uma altura de 120 m e recobrimento lateral de 70%, como proposto na metodologia de Buffon, Sampaio & Paz (2018). O processamento das fotografias foi executado no software Agisoft PhotoScan.

Após os trabalhos de campo aconteceram os trabalhos de gabinete que permitiu o processamento das imagens, a elaboração da ortofoto, na sequência, o modelo de superfície e os mapas.

O Modelo Digital de Superfície (MDS) foi elaborado com boa resolução espacial para a área de estudo com imagem ortorretificada pelo MDS. Foram utilizados pontos de controle a partir da utilização de imagens de satélite disponibilidade pelo Google Earth devido a indisponibilidade de acesso a um GPS geodésico o que contribuiria ainda mais com a precisão do estudo.

Método e técnicas para construção de simulações de inundação e mapeamento de áreas de risco

Com os registros de inundações, conversas informais, levantamento fotográfico e análises de mapas criados, optou-se pela seleção da área do Canal como mais suscetível a inundação para análise. A contagem das habitações, que pode ser afetadas em episódios de inundação, foi realizada no software ArcGIS versão 10.3, além disso, houve a criação de shapes sobre as habitações. Com o ortomosaico e nuvens de pontos foi possível obter a vetorização das casas da área, pois fornece um maior nível de detalhe. Logo, partiu-se do MDS/MDT gerado pela coletada dos dados do ARP e as curvas de nível do levantamento do mesmo como suporte.

O critério adotado para a execução e escolha da área, como mencionado, foram os níveis altimétricos menos elevados (Figura 4), no caso a área cerca ao Canal do Baldo e do Rio Potengi que apresentam na Figura 4 as menores altimetrias, entre 1 - 2 m. Foram definidos então cotas de elevação de 1 e 2 metros a partir da cota altimétrica do local, entendendo que caso haja precipitação extraordinária e/ou acima do limiar anteriormente comentado, haveria elevação substancial do nível do rio e logo essas áreas de menor altimetria seriam atingidas. Para isso, foram realizadas as seguintes simulações, considerando no canal as seguintes cotas: Canal 1 – cota de inundação com 1 metro acima do nível do Rio, que seria o nível base; Canal 2 – cota de inundação com 2 metros acima do nível do Rio.

Nesse sentido, criou-se um cenário potencial de inundações que foi embasado na simulação obtida a partir da aplicação de cada uma das cotas. É importante ressaltar que, as áreas afetadas por inundações nas simulações, de acordo com relatos em campo já foram atingidas em algum momento.

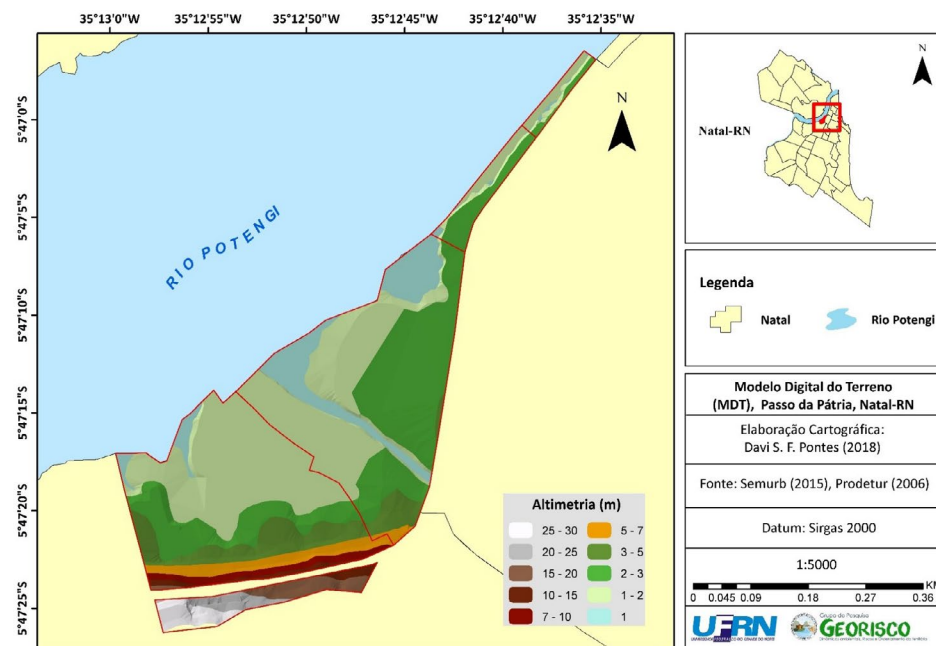


Figura 4. Modelo Digital Terreno (MDT) - Canal do Baldo, Passo da Pátria, Natal-RN
Fonte: Autores, 2020, com base na Prefeitura do Natal (2015)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação do risco de desastres associado à inundação das habitações no Complexo do Passo da Pátria

A exposição ao risco de inundação no Complexo é, de acordo com o meteorologista Gilmar Bristot em reportagem à Tribuna do Norte, antiga e recorrente, pois, é sabido da frequência desse problema, devido a presença dos condicionantes ambientais. Além disso, os bairros próximos ao rio, estão mais sujeitos a receberem os eventos hidrológicos por estarem situados nas proximidades do Potengi.

A partir do levantamento obtido pela ARP foi possível gerar o ortomosaico do Complexo e vetorizar as casas presentes no local, uma vez que a imagem apresentada é de alta resolução para a área e de fácil manuseio. Além disso, para além da elaboração do ortomosaico da área, foi possível a construção do MDT (exemplificado na Figura 5) e a combinação do MDT e do ortomosaico (visto na Figura 6).

Com os dados extraídos das imagens da ARP foi também elaborado um mapa com as áreas mais suscetíveis à ocorrência de inundação (Figura 7) considerando as cotas de 1 e 2 metros e, desta maneira, localizar as residências situadas nas áreas mais baixas e que se apresentam mais expostas a uma situação de desastre.

Apartir do MDT, produto do aerolevanteamento, o exemplo da Figura 6 demonstra a combinação do MDT e o ortofotomosaico, em que se verifica em detalhe a altimetria do local. Neste contexto, observa-se que quase hegemonicamente as residências do Complexo estão situadas em áreas muito baixas de pouco mais de 1 m, que são as que estão situadas às margens do rio e do Canal. A altimetria da área varia de 0.17 m de altimetria a pouco mais de 5,8 m.

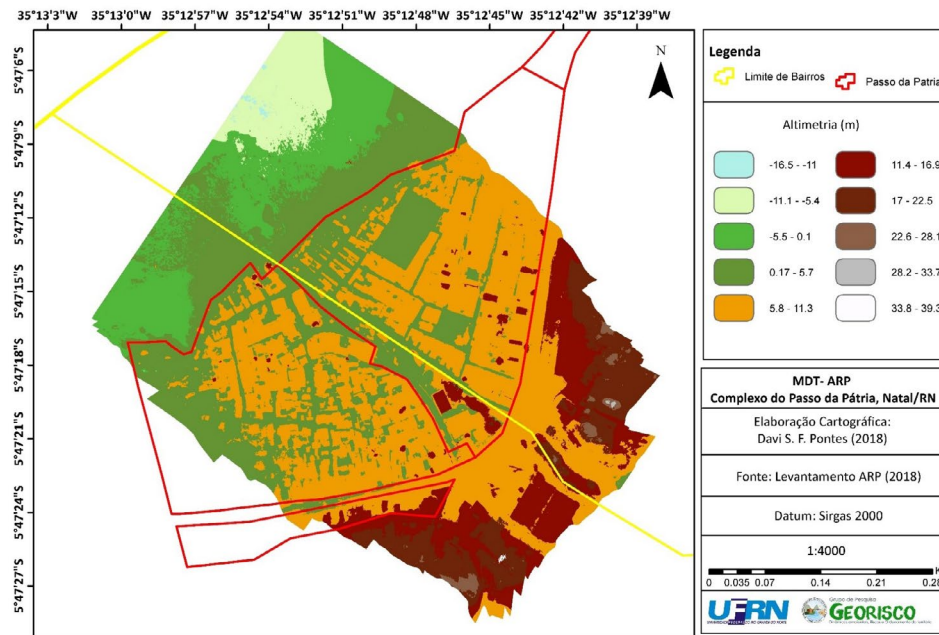


Figura 5. MDT obtido pelas imagens da ARP do Complexo do Passo da Pátria, Natal-RN

Fonte: Autores, 2020, com base na Prefeitura do Natal (2015)

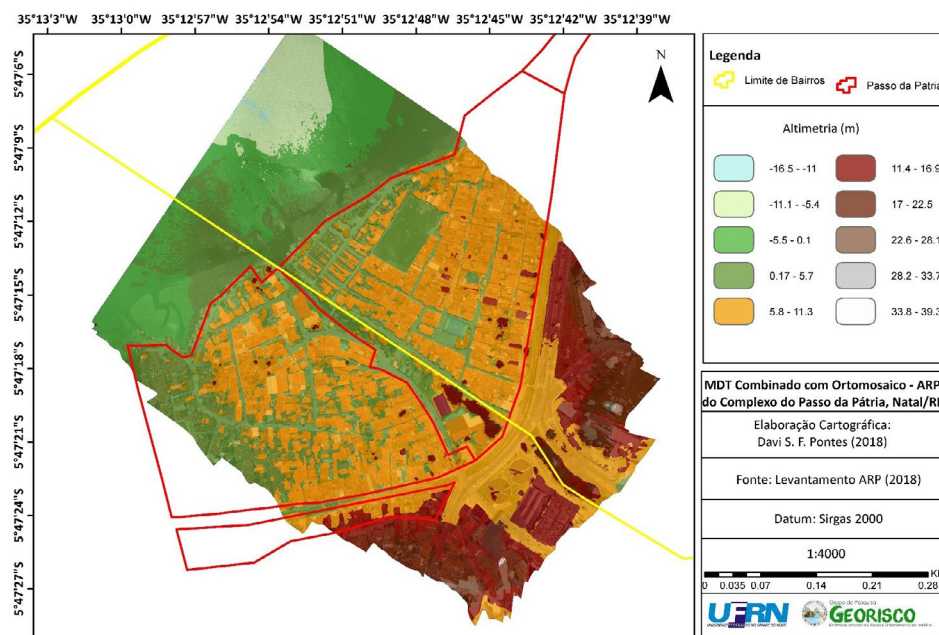


Figura 6. Combinação do Ortomosaico e MDT Passo da Pátria, Natal-RN

Fonte: Autores, 2020, com base na Prefeitura do Natal (2015)

Na Figura 7 nota-se as áreas prioritárias, áreas que demandam uma atenção maior do poder público e de órgãos como a Defesa Civil da cidade em situação de sinistro, pois como pode ser observado na figura há um elevado quantitativo de residências presentes nas áreas que podem

ser atingidas em um cenário de aumento do nível em 1 e 2 metros de elevação do nível do rio. Isto pois, nessas áreas no campo realizado em que se conversou com alguns moradores, foi relatado que muitas casas inseridas nessas cotas de 1 m, em algum período chuvoso já sofreram consequências da elevação do rio, com inundações neste local.

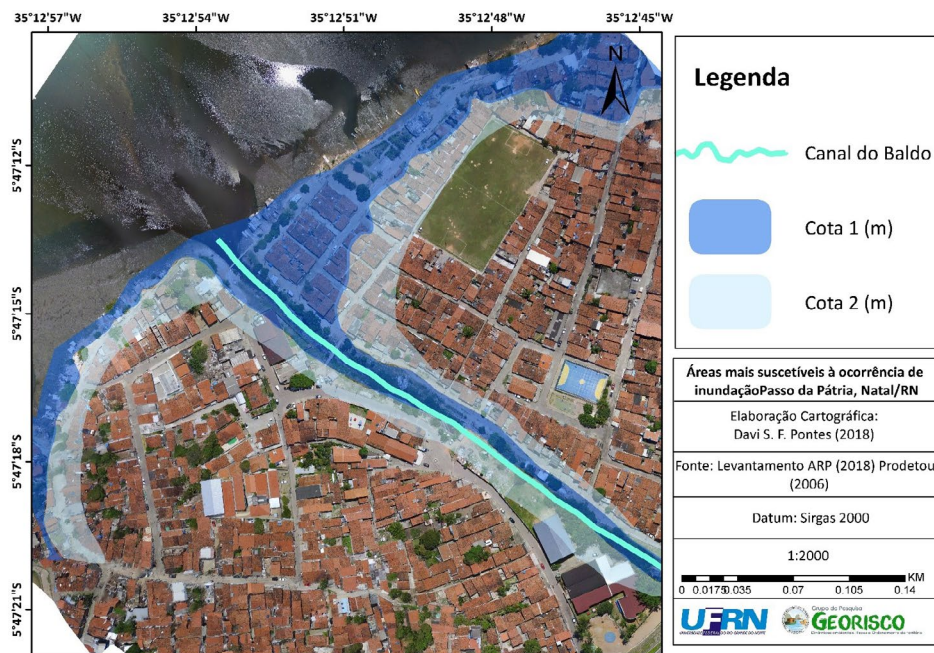


Figura 7. Áreas mais suscetíveis à ocorrência de inundações, Passo da Pátria, Natal/RN
Fonte: Levantamento ARP (2018) e SETUR et al. (2006).

Entende-se então que as casas que se encontram nos locais de cotas de 1 metro e de 2 metros têm mais chances de ser invadidas pela água em uma eventual inundações devido a sua baixa altimetria. O número de casas encontradas dentro das cotas de 1 e 2 metros foi um total de, aproximadamente 97 habitações, representando aproximadamente 349 pessoas nessa área de risco, levando em conta uma média obtida pelo Censo Demográfico de 2010 de 3,6 pessoas por habitação.

A comunidade do Complexo Passo da Pátria como um todo deve receber mais visibilidade da Defesa Civil e dos Governantes, dado a vulnerabilidade social que a comunidade apresenta. Contudo, ressalta-se a atenção em especial para as áreas de cotas mais baixas, salientando o risco iminente de inundações a que elas estão sujeitas é alto, sem negligenciar é claro os outros tipos de risco naturais que a comunidade apresenta.

A sensação de risco constante faz com que os moradores fiquem apreensivos a qualquer sinal mínimo de chuva. Eles temem não só pela sua integridade física, mas também por toda uma vida que foi construída de cada família. Isto devido às condições precárias que quase toda a comunidade se encontra. Pode ser visto tal fato nos relatos de notícias divulgadas nos jornais da Tribuna do Norte sobre eventos ocorridos na área.

O Complexo possui altimetria muito baixa, o que favorece ao acúmulo das águas das chuvas concentradas quando atinge a cidade, que já sofre corriqueiramente com problemas de drenagem superficial.

Na elaboração do Modelo com as curvas de nível do projeto do Prodetur (SETUR et al. 2006) encontram-se altimetrias entre 1 a 30 metros, o que mostra que o local é de fato baixo e exposto ao avanço e concentração das águas pluviais. Entende-se que as áreas mais baixas, com curvas de nível entre 1 e 5 metros, são as áreas mais suscetíveis a ocorrência de inundações por encontrarem-se mais próximas aos locais de transbordamento da cota maior do rio. Além de ser áreas com tendências a alagamentos pontuais, já que a água tende a escorrer para a localidades mais baixas. Dessa forma, as áreas mais baixas e que encontram-se mais expostas são as localizadas nas adjacências ao Canal do Baldo com o Rio Potengi, o que foi confirmado com as curvas de nível e produtos elaborados a partir do ARP (que podem ser averiguadas nas figuras 4 e 6).

As faixas próximas ao Canal do Baldo junto ao Rio Potengi são as mais baixas altimetricamente, possuindo altimetria entre 1 e 2 metros, destacado na Figura 4 em que se observa na área do canal. Essa área é ocupada por várias famílias o que favorece o aumento da probabilidade de desastres no local. As Figuras 6 e 7 apresentaram detalhadamente o modelo para a área de estudo. É importante frisar que mesmo algumas áreas apresentando baixa altimetria, não sofrem tanto quanto algumas áreas especificadas por estarem mais distante do Rio e do Canal e que, contudo, não estão isentas de risco.

Caracterização das condições das moradias e das infraestruturas do Complexo ao risco de inundação

As habitações do Complexo Passo da Pátria ocupam terrenos que apresentam uma instabilidade dinâmica natural acentuada isto pois, Rocha (2017) coloca que:

“A comunidade possui características que apontam para diversos riscos físicos e ambientais e um alto grau de insalubridade. Por estar inserido numa área de baixo relevo às margens do Rio Potengi, o assentamento está sujeito a problemas como inundações pluviais, por exemplo. Além disso, ocupa irregularmente trechos da Área de Proteção Permanente e está numa área lindeira à via férrea.”

Rocha (2017, p. 8)

E como visto, as inundações da área são influenciadas diretamente com o uso e ocupação do solo. O risco iminente de inundação se dá devido à ocupação de forma desordenada. Não se pode culpar a população em si que desconhece o local, mas ao poder público que por anos não expressa ações de prevenção.

É evidente o descaso do poder público perante a comunidade, que vem reclamando constantemente, conforme os próprios moradores. Segundo eles, o Complexo é uma área isolada da cidade, sendo assim esquecida e, até mesmo, negligenciada pelos governantes. Na visita a campo foi constatado esses inúmeros problemas relatados pelos moradores. As imagens a seguir foram retiradas nas áreas correspondentes às de maior risco (destacadas na figura 8).

Várias casas da comunidade, sobretudo próximas ao Canal do Baldo, apresentam adaptações, construções, melhoramentos feitos pelos próprios moradores para tentar impedir que as águas de inundações invadam suas casas e que venham a perder seus pertences, exposto na Figura 8. Entre essas medidas, encontramos casas com muretas na porta para conter a entrada da água em períodos de chuvas (com alturas maiores que 60 cm e mesmo assim a água adentrava as residências), calçadas altas, muros de contenção, além de sacos de areia usados como barreiras de contenção (próximo ao talude do Canal do Baldo).

A estrutura do canal está bem deteriorada (Figura 8 imagem a direita). Vale salientar que o canal é um talude artificial e instável. Em conversa informal com uma moradora, ela nos informou que mesmo depois do talude a água já chegou a entrar, ou seja, que há uma falha ou ineficiência do Canal. Este apresenta, em várias partes, rachaduras (Figura 8), mostrando estar bem deteriorado. Além de não apresentar manutenção adequada, a construção encontra-se com risco de desmoronamento.

Inúmeras marcas de água puderam ser vistas nas paredes das casas que indicam a altura que a água atingiu durante a última inundação (figura 8, imagem a esquerda). Vários domicílios já foram e tiveram seus moradores afetados por consequências dos períodos chuvosos.



Figura 8. Calçada em casa próxima ao Canal do Baldo, no Complexo do Passo da Pátria (imagem a esquerda). E rachaduras na estrutura do Canal do Baldo no Complexo do Passo da Pátria (imagem a direita)

Fonte: Arquivo Georisco, visita de campo realizada em 30/09/2017

Porém, além dos problemas estruturais e da ausência de infra-estruturas, verifica-se também a ausência de educação ambiental e/ou até mesmo a falta de coleta dos resíduos sólidos, ação que faz com que muitos moradores joguem seus resíduos próximo ao Canal (visto na Figura 9), que acaba sendo carregado pela água e levado para o rio Potengi e enchendo o canal e a água ao invés de percorrer até o rio, acaba sendo extravasada para as laterais do canal, logo havendo um transbordamento do mesmo. Boa parte do lixo acaba contribuindo no assoreamento.



Figura 9. Imagens do Canal do Baldo no Complexo do Passo da Pátria, em sua vista lateral, apresentando muito lixo, sujeira, estruturas precárias e águas residuais

Fonte: Arquivo Georisco, visita de campo realizada em 30/09/2017

Potencialidades do uso das ARPs

A aplicação do ARP, logo, busca reforçar sua utilização e apontar um encaminhamento metodológico para avaliação do risco e do grau potencial de desastres associados à inundação. Conforme apontam Sausen e Narvaes (2015, p.121) os dados provenientes de ARP “podem monitorar as águas de inundação, mapear as áreas que potencialmente podem ser afetadas e apoiar ações de prevenção, sendo possível utilizá-los de forma eficiente e operacional nas mais diversas fases da gestão de desastres de inundação”.

Com isso, essa metodologia auxilia nas etapas de prevenção, uma vez que estas podem ser pensadas com antecedência, assim como viabiliza estudos preventivos acerca das ameaças (perigo), vulnerabilidades em cenários de risco, estruturação e operação de monitoramento, alerta e alarme além de várias medidas não estruturais e estruturais visando a mitigação, a preparação e a resposta ao risco.

O mapeamento do grau potencial de desastres associados à inundação, a partir do cruzamento dos mapeamentos de risco do lugar à inundação, demonstrou ser uma metodologia eficaz para auxílio na tomada de decisão frente aos processos de prevenção e mitigação de desastres associados à inundação, não somente para a área, mas para outros locais de Natal e de outras regiões, uma vez que tal metodologia é muito pouco usada e conhecida, sobretudo pelo Poder Público.

Os resultados indicam que a metodologia é de baixo custo, pois como Buffon et al. (2018, p.87) destaca “os VANTs apresentam vantagens técnicas e econômicas se comparados com os métodos tradicionais de aerolevantamento”. Ressalta-se sua importância para as áreas desprovidas de imageamento em detalhe, sendo um recurso mais acessível se comparado com levantamentos tradicionais e Light Detection and Ranging - Lidar, como Buffon et al. (2018) pontua. Logo, mostrou-se eficiente na escala do lugar/local sendo um sistema de apoio à decisão espacial frente à resposta e prevenção dos desastres decorrentes de inundações. Além de apresentar benefícios como redução dos custos de aquisição de imagens aéreas, flexibilidade na aquisição das imagens, melhor resolução espacial e temporal, possibilidade de maior nível de desagregação dos dados, entre outros. Desta maneira, sendo bastante eficaz no planejamento urbano, nas suas distintas dimensões e de outros tipos de risco.

CONCLUSÕES

A relevância desse estudo está na reprodução eficiente da proposta metodológica de Buffon et al. (2018) em escala local para identificação das áreas vulneráveis a inundações, caso ocorra uma precipitação extraordinária ou transbordamento do Rio Potengi e/ou do Canal do Baldo no Complexo Passo da Pátria.

Nisso, o mapa de 7 vem como um modelo de suporte para tomada de decisão de órgãos públicos visando a redução dos impactos socioambientais na área de estudo em questão.

Contribuindo, desta maneira, com o trabalho da Defesa Civil na área, por exemplo, para sua atuação de ocorrências na área e, principalmente, nos períodos chuvosos. Além da própria população, que mediante a divulgação desta pesquisa estará ciente dos perigos e das áreas de risco expostas no Complexo. Sendo também suporte para outros trabalhos envolvendo a temática em si.

Ao final, pode-se constatar que o Complexo encontra-se com áreas de risco de inundação. As áreas próximas ao Canal do Baldo e Rio Potengi com altimetrias baixas são as mais susceptíveis a ocorrência de inundações, áreas essas que apresentam uma quantidade considerável de famílias. E os procedimentos metodológicos ao longo da pesquisa contribuíram para tal comprovação.

Em relação Aplicação de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) na análise de inundações, esta se mostrou eficaz para o cruzamentos de dados, com o uso e disponibilização de imagens de alta resolução espacial e temporal. Desta maneira, apresentando um ótimo nível de detalhes para identificação e análises de desastres durante episódios de inundações.

Ademais, os produtos gerados possuem em sua constituição dados que permitem, através do geoprocessamento, a fomentação de diversos mapas, índices e análises geográficos. Além disso, os procedimentos para a construção dos mapeamentos são de baixo custo, como discutido na seção de potencialidades, o que possibilita a sua aplicação em outras áreas de interesse, contudo o ARP multimotor não é recomendado para cobrir grandes áreas, pois não apresentará o mesmo desempenho, já que dispõe uma baixa autonomia de voo.

REFERÊNCIAS

- Amaral, R. & Ribeiro, R.R. (2009). *Enchentes e Inundações. Desastres Naturais, conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico.
- Buffon, E., Sampaio, T. & Paz, O. (2018). Veículo aéreo não tripulado (VANT): aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. *GOT, Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, (13), 85-108.
- Costa, J.R.S., Linhares, F.M., de Medeiros Bezerra, I., da Silva, P.C. & Fernandes, E. (2010). *Identificação de Áreas Vulneráveis à Inundação no Município de Ipanguaçu/rn Através da Hipsometria*. Ipanguaçu: Universidade de Brasília.
- Carvalho, C.S., Macedo, E. & Ogura, A. (2007). *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Brasília: Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT.
- IBGE. (2010). Aglomerados subnormais: informações territoriais. Disponível no site: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=downloads>
- INMET, I.N.M. (2017). BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
- Monteiro, J.B. & Zanella, M.E. (2017). A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. *GeoTextos*, 13(2), 135-159. <http://dx.doi.org/10.9771/1984-5537geo.v13i2.24011>
- Prefeitura do Natal. (2002a). *Lei Complementar Nº44 de 23 de dezembro de 2002. Dispõe sobre o uso do solo, limites e prescrições urbanísticas para Área Especial de Interesse Social (AEIS)*. Natal, RN: Prefeitura do Natal.
- Prefeitura do Natal. (2002b) *Projeto Integrado Passo da Pátria – Projeto do trabalho de participação comunitária*. Natal, RN: Secretaria Municipal de Trabalho e Assistência Social.
- Prefeitura do Natal. (2015). *Mapas e fotos*. Natal, RN: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo.
- Quarantelli, E.L. (Ed.). (2005). *What is a disaster? A dozen perspectives on the question*. London: Routledge
- da Rocha, L.R.N. (2017). ST 5 Cidade e assentamentos precários: transformações e permanências em Natal/RN. *Anais ENANPUR*, 17(1), 1-19.
- Sausen, T.M. & Narvaes, I.D.S. (2015). Sensoriamento remoto para inundação e enxurrada. En Sausen, T.M. & La Cruz, M.S.P. (Eds), *Sensoriamento Remoto para desastres* (pp.119-148). São Paulo: Oficina de Textos.
- SETUR, Secretaria De Estado do Turismo Do Rio Grande do Norte, SIN, Secretaria de Estado de Infra-Estrutura., IDEMA & PRODETUR/IDEMA. (2006). *Polo Costa das Dunas*. Brasília: Topocart Topografia, Engenharia e Aerolevantamentos Ltda.

- Souza, D.M.D. (2007). *Da Pedra do Rosário ao Pantanal: Espaço e Urbanização no Passo da Pátria*. Master thesis. Natal, RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Veyret, Y. (2007). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto.
- Vilaça, J.G. (1985). *Geologia ambiental costeira da região de Extremoz-RN*. Natal: UFRN.
- Vilaça, J.G., Nogueira, A.M.B., Silveira, I.M., Carvalho, M.D. & Cunha, E.M.S. (1986). Geologia ambiental da área costeira de Ponta de Búzios a Barra de Maxaranguape/RN. *SBG/Núcleo Nordeste, Simp. Geol. NE*, 12, 220-227.