

## GERAÇÃO DE MAPAS DE VULNERABILIDADE À INUNDAÇÃO EM UMA ÁREA DO MUNICÍPIO DO RIO GRANDE (RS) PARA EVENTOS OCORRIDOS ENTRE 1987 A 2017

Bento Almeida Gonzaga<sup>1</sup>, Miguel da Guia Albuquerque<sup>2</sup>, Luis Pedro Melo de Almeida<sup>3</sup>, Jean Marcel de Almeida Espinoza<sup>4</sup> e Tatiana de Almeida Espinoza<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Av. Itália, s/n Km 8, email: profbentoag@gmail.com; <sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Av. Itália, s/n Km 8, email: migueldaguia@gmail.com; <sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Av. Itália, s/n Km 8, email: melolp@gmail.com; <sup>4</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Rio Grande, email: espinoza.almeida@gmail.com e <sup>5</sup>Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Av. Itália, s/n Km 8, email: tespinoza273@gmail.com.

### RESUMO

O município do Rio Grande (RS), assim como outros municípios costeiros, apresenta problemas decorrentes de uma expansão urbana provocada pelo crescimento urbano, localmente dado pelo complexo industrial e portuário. Essas ocupações, por vezes, mexem com a dinâmica de oscilação dos corpos d'água, tais como rios, lagos e lagoas, ocupando uma área que, originalmente, fazia parte da planície de inundação desses corpos hídricos. Entender que essas ações antrópicas interferem na dinâmica de drenagem/escoamento e afetam o bem estar humano é primordial para a concepção de estratégias de gestão que estejam aliadas com a mitigação e/ou prevenção dos efeitos causados pela elevação do nível fluvial nessas áreas, principalmente, quando essas estão no perímetro urbano. Nesse sentido, aplicou-se uma metodologia para mapeamento de áreas vulneráveis à inundações baseada em um modelo digital de elevação local e dados de nível do corpo hídrico, válidos para dados históricos e com a geração de cenários futuros.

**Palavras-chave** — Ferramentas de Gestão Costeira, Vulnerabilidade Costeira, Áreas Inundáveis, Mitigação dos Efeitos de Inundações, Elevação Fluvial.

### ABSTRACT

*The municipality of Rio Grande (RS), as well as other coastal municipalities, presents problems resulting from an urban expansion caused by urban growth, locally given by the industrial and port complex. These occupations sometimes disturb the dynamics of oscillation of water bodies, such as rivers, lakes and ponds, occupying an area that originally formed part of the floodplain of these water bodies. Understanding that these actions affect the drainage / drainage dynamics and affect human well-being is essential for the design of management strategies that are allied with the mitigation and / or prevention of the effects caused by the elevation of fluvial level in these areas, when these are in the urban perimeter. In this sense, a methodology was applied to map flood-vulnerable areas based on a local elevation digital model and water body*

*level data, evaluated for historical data and the generation future scenarios.*

**Key words** — *Coastal Management Tools, Coastal Vulnerability, Flood Areas, Mitigation of Flood Effects, Fluvial Elevation.*

### 1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são reconhecidas em todo o mundo por possuírem recursos atrativos para o desenvolvimento de atividades naturais, antrópicas e econômicas. Nesse sentido, apropriar-se da ideia de que a zona costeira é um bem difuso que pertence à coletividade e, como tal, deve ser preservada e protegida para as presentes e futuras gerações, é de suma importância no que tange às ações de gestão dessas áreas [1].

No Brasil, como destacado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), cerca de 60 por cento dos eventos naturais que atingiram o país entre 1948 e 2006, com consequências danosas à população, estiveram relacionados à inundações fluviais e/ou com o avanço do nível do mar [2]. Inserido nesse contexto se encontra o município do Rio Grande (RS), localizado na região sul do estado do Rio Grande do Sul. A localidade situa-se sobre um estreito de pontal arenoso no estuário da Lagoa dos Patos, escoadouro de um sistema hidrográfico que drena mais de metade do volume das bacias hidrográficas do estado, e onde o nível d'água das margens lagunares é controlado pela interação entre o regime de ventos e a descarga fluvial [3].

Com uma média anual que varia entre 1200 a 1300 mm de chuvas [4] o município, no período de janeiro de 1980 a julho de 2009, registrou a ocorrência de 60 eventos de inundação decorrente da dinâmica das águas da Lagoa dos Patos.

Em termos geológicos e geomorfológicos, o município do Rio Grande, tem apresentado problemas relacionados à urbanização, com a criação de aterros em suas margens. Essas modificações ambientais, decorrentes de ocupações humanas, caracterizam-se principalmente por períodos de industrialização [5], os quais são relacionados a problemas ligados a degradações paisagísticas, os quais favorecem a

um cenário de maior vulnerabilidade a eventos de inundações.

Mesmo com ferramentas computacionais, as ações públicas são, em geral, reativas e não preventivas [11]. Dessa forma, o uso do sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG), apresentam potencial significativo de melhoria nas atividades de gestão de riscos desses desastres naturais [6] [7].

Tendo em vista que a cidade do Rio Grande se configura como uma região propícia a episódios regulares de inundações [12], o presente estudo apresenta uma proposta metodológica para a concepção de um mapa de vulnerabilidade à inundações nas margens adjacentes à região urbanizada do município do Rio Grande-RS, baseado em modelos digitais de elevação e dados de nível hídrico local.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração de mapeamentos de vulnerabilidade, precisa-se definir o período de planejamento (i.e., curto ou médio prazo), enquanto para geração de cenários futuros, adota-se uma série de dados que sustente estatisticamente uma análise de longo prazo. Para o delineamento do trabalho, quanto ao mapeamento de vulnerabilidade ou geração de cenários futuros, adotou-se o exposto pelo fluxograma 1 (Figura 1).

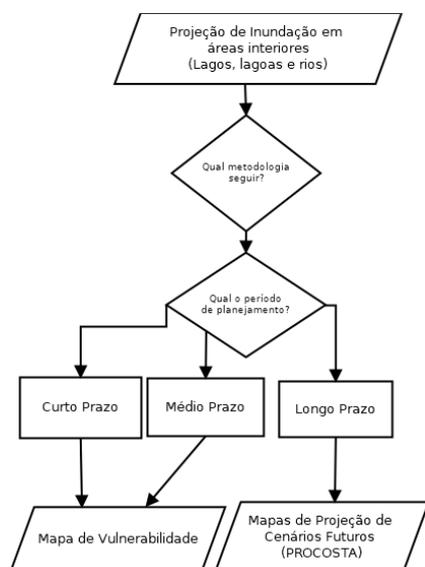


Figura 1. Determinação da escala de tempo e metodologia aplicada

Após essa definição, as etapas metodológicas desse estudo se dividem em quatro etapas: (1) Análise de uma série temporal, compreendida entre os anos de 1984 à 2017, do nível fluviométrico registrado por uma estação maregráfica local régua vertical com resolução centimétrica, (2) levantamento topográfico da área urbanizada do município com RTK-GPS, (3) correção do zero de referência entre a estação maregráfica e o nível da Lagoa na

área do levantamento e (4) geração dos mapas de gestão (vulnerabilidade e cenários para tempos de retorno proposto no PROCOSTA).

Para a geração de cenários futuros, utilizou-se a proposta de períodos de retorno sugerido pelo ministério do meio ambiente, no programa PROCOSTA, através da qual, geraram-se cenários de inundações para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, conforme a metodologia apresentada no fluxograma 2 (Figura 2).

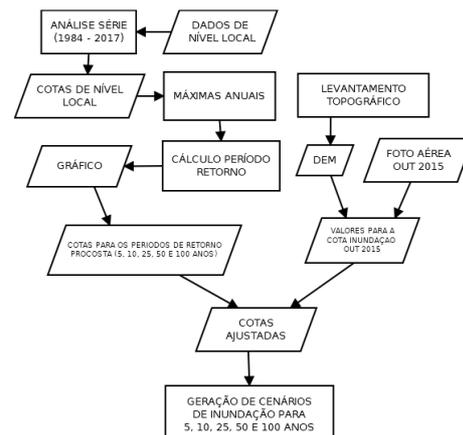


Figura 2. Fluxograma da metodologia adaptada à sugestão do PROCOSTA.

Já para o mapeamento de vulnerabilidade (curto e médio prazo), gerou-se um mapa de vulnerabilidade seguindo os passos da Figura 3. Esse mapeamento, comparado aos eventos registrados em [12], ratificam para o gestor local quais são as áreas prioritárias para ações de mitigação e prevenção de eventos futuros.

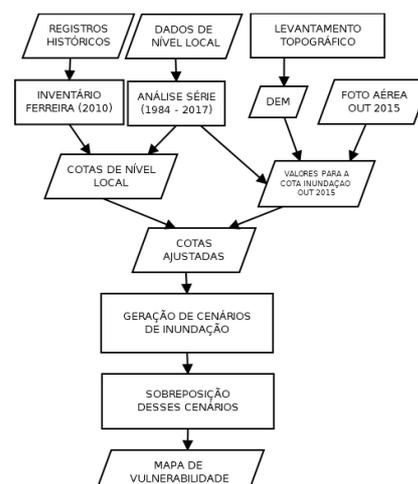


Figura 3. Fluxograma da geração do mapa de vulnerabilidade.

Em ambas as etapas de planejamento, utilizou-se dos mesmos procedimentos de campo e análise de dados. Na primeira etapa, utilizou-se da fonte de dados do portal Hidroweb da ANA (Agência Nacional das Águas), que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de

Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Nessa ferramenta, baixou-se os dados de níveis fluviométricos da estação maregráfica nº 87980000, localizada no Clube Regatas, no município do Rio Grande. Os dados disponibilizados contemplavam o período de outubro de 1984 à outubro de 2017. Os dados foram organizados e a posterior, separou-se as máximas anuais e valores referentes a registros de situações de emergência catalogados por [12], esse foram utilizados na geração do mapa de vulnerabilidade.

Para o levantamento topográfico, cujo o objetivo é caracterizar a topografia do terreno quanto a suas cotas altimétricas, escolheu-se uma área que apresenta histórico de problemas com inundações [5], [12], [9], [10] e [8]. Esse processo foi dividido em duas etapas: (1) Levantamento de campo com RTK-GPS acoplado em viatura, e (2) processamento de dados.

No levantamento de campo se utilizou um receptor GNSS modelo Leica GS15, coletando dados no modo RTK. A base foi instalada com um tripé no marco geodésico RN presente no Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS, enquanto a unidade GPS móvel foi fixada a 1,81m de altura, sobre um veículo do IFRS. As configurações de captura de pontos foram setadas para o sistema de coordenadas projetadas UTM, datum de referência SIRGAS2000 zona 22 Sul, no modo coleta cinemático RTK e com tolerância topográfica de 5 cm. Configurou-se um intervalo de coleta de 1s para o registro dos pontos. Para coleta dos pontos a velocidade do carro permaneceu em 10 km/h, sendo realizada dupla passagem (ida e volta) em cada via de interesse.

A etapa de processamento dos dados foi feita em laboratório, com a utilização dos softwares Mapgeo® (IBGE) e ArcGis®. No Mapgeo®, fez-se a conversão dos dados para cotas altimétricas, corrigindo a ondulação geoidal local para cada medida para alturas geoidais. Utilizou-se desse conjunto de pontos com o atributo topográfico ajustado para a criação modelo digital de elevação dessa área a partir do interpolador IDW, escolhido por preservar os valores originais e em virtude do padrão da malha amostral (regular). Para a confecção dos cenários de período de retorno, utilizou-se da metodologia proposta no PROCOSTA, calculando o tempo de retorno dos eventos registrados para a série temporal. Esses valores foram obtidos a partir de três passos metodológicos: (1) Separou-se os máximos anuais (contemplando 1985 à 2017, ou seja, 33 valores), (2) Calculou-se o período de retorno mostrado no gráfico da (Figura 4) e (3) Ajustou-se esses valores com base na foto do evento de outubro de 2015.

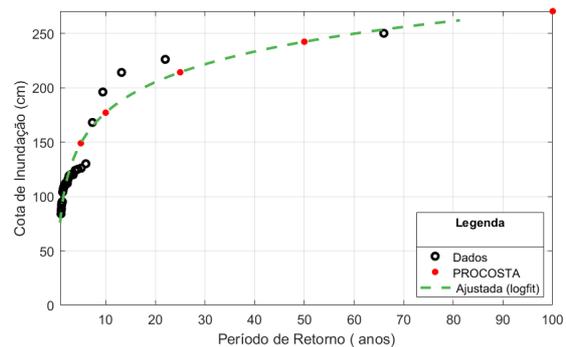


Figura 4. Períodos de retorno, obtidos conforme metodologia do PROCOSTA.

Para ajustar os valores das cotas para os períodos de retorno, utilizou-se do DEM gerado para a comparação com uma foto aérea de 2015 e, com isso, conseguir uma correlação de referência entre as cotas registradas pelo marégrafo local e o nível da Lagoa dos Patos nas margens da área mapeada, tal como mostrado nas Figuras 5 e 6.



Figura 5. Foto aérea de 19 de outubro 2015

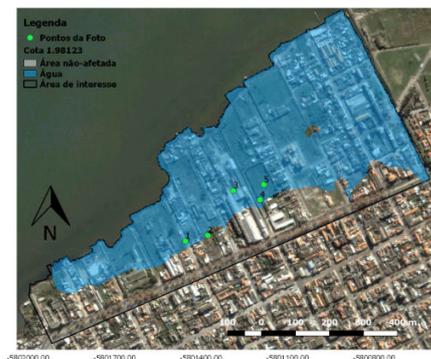


Figura 6. Mapa reconstruído a partir da foto de referência (out 2015).

Os cenários de inundação foram feitos a partir do modelo digital de elevação e das cotas ajustadas, usadas como inputs para a confecção de imagens (cenários) de inundação, baseados em tempo de retorno, projetando cenários para 5, 10, 25, 50 e 100 anos

### 3. RESULTADOS

Os cenários apresentados no mapa representado pela Figura 7 indica os impactos causados por eventos que ocorrem dentro de períodos de retorno estabelecidos e que

influenciam as estratégias da gestão costeira para mitigar e/ou prevenir possíveis danos àquela área.

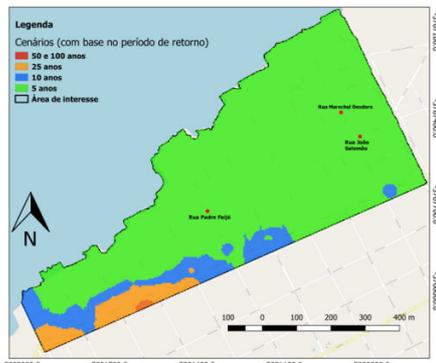


Figura 7. Mapa reconstruído a partir da foto de referência (out 2015).

Com base nas máximas anuais (33 valores) e as situações de emergência registradas entre 1987 e 2009 em [12], gerou-se o mapa de vulnerabilidade ilustrado pela Figura 8 contemplando a área de estudo.

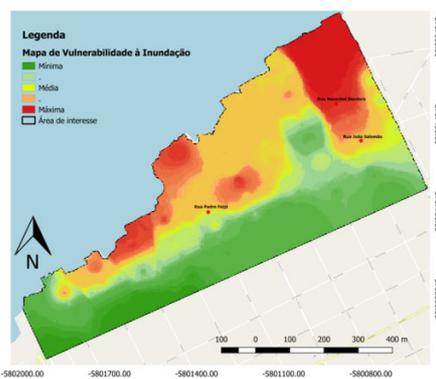


Figura 8. Mapa de vulnerabilidade à inundação

#### 4. DISCUSSÃO

Nota-se que a região de maior vulnerabilidade compreende uma área presente no cenário de menor período de retorno, ou seja, a qual é atingida com maior frequência por eventos de inundação, segundo [12] é comum que os eventos de inundação avancem cerca de 300 metros pela rua Marechal Deodoro até atingir a Rua João Salomão. Outra área crítica, é a da rua Padre Feijó, que conforme o inventário de [12], as águas comumente chegam a avançar 150 metros rua adentro. Outro fator que contribui para esse quadro de vulnerabilidade são as condições geotécnicas da área de mais vulnerável [8], pois essa área em sua evolução histórica, promovida pelos períodos de industrialização [6], cresceu por meio de grandes quantidades de aterros [10].

#### 5. CONCLUSÕES

A gestão costeira no Brasil, funciona de forma precária e descontinuada, por isso, é importante a construção de ferramentas metodológicas que possam contribuir para o

avanco de medidas mitigadoras e ações de prevenção à desastres. O município do Rio Grande (RS), caracterizado por sua baixa declividade, problemas de drenagem e escoamento e aterros irregulares promovidos em períodos de crescimento urbano, tem em suas margens áreas altamente vulneráveis a elevação fluvial, regiões essas, que pela densificação da mancha urbana necessitam de atenção especial dos órgãos gestores.

Para auxiliar nesse processo a construção de mapas de vulnerabilidade à inundação e projeção de cenários futuros constituem ferramentas essenciais para a gestão costeira nesses municípios. Esses mapas trazem informações visuais fáceis de serem compreendidas, portanto, são fáceis de serem utilizados para a gestão na esfera municipal. A presente proposta pode ser replicada em outros municípios costeiros, tornando-se uma ferramenta de gestão importante aos tomadores de decisão, quanto à ocupação e ordenamento de áreas adjacentes e corpos hídricos (lagos, lagoas e rios) e que sofrem com problemas frequentes de inundações.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Sette, M. T. D. Manual de Direito ambiental. Coleção Didática jurídica, São Paulo: MP 2ª Ed., 2009.
- [2] MMA BRASIL. Relatório de Gestão Gerência Costeira 2010 - 2012. Gerência Costeira - MMA. 35 p. 2013.
- [3] Sausen, T. M.; Lacruz, M. S. P. (Org.). Sensoriamento Remoto para desastres. São Paulo: Oficina de Textos. 1ª Ed., 288 p., 2015.
- [4] Robaina, L. E. S.; Ferreira, J. F.. Expansão Urbana e o Perigo de Desastres por Inundação em Rio Grande/RS. Researchgate. S.i, p. 1-25. out. 2012.
- [5] Torres, L. H.. Águas de Maio: A Enchente de 1941 em Rio Grande. Hitoriae, Rio Grande, v. 3, n. 3, p.239-254. Ed. Semestral. 2012.
- [6] Sfredo, G. A.; Tagliani, C. R. A.. Análise das modificações ambientais decorrentes da ocupação urbana em Rio Grande, RS, entre 1947 e 2014, por meio de um Sistema de Informações Geográficas. Desenvolvimento e Meio Ambiente, [s.l.], v. 38, p.213-230. Universidade Federal do Paraná. 31 ago. 2016.
- [7] O'hare, P.; White, I.. Beyond 'just' flood risk management: the potential for—and limits to—alleviating flood disadvantage. Regional Environmental Change, [s.l.], v. 18, n. 2, p.385-396. Springer Nature. 12 set. 2017.
- [8] \_\_\_\_\_. Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município do Rio Grande. TOMO III: Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais. Rio Grande – RS., 123p. Ago/2013
- [9] Reckziegel, B. W. Levantamento dos Desastres Naturais no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- [10] Dumith, R. C.. Modificações Geomorfológicas no Suporte Geológico do Perimetro Urbano do Município do Rio Grande (RS) como Consequência do Avanço de Depósitos Tecnogênicos – 1737 a 2009. Monografia (Graduação em Geografia – Bacharelado) – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, 2009.
- [11] Asmus, M. L.. Gestão Costeira no Brasil: Instrumentos, fragilidades e potencialidades. . Rio Grande, p. 1-16. out. 2006. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/2053>. Acesso em: 12 set. 2018.
- [12] Ferreira, J.. Análise Geográfica dos Desastres por Inundação no Município de Rio Grande/RS no Período de 1980 a 2009. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Geografia, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.