

PROPOSTA DE UM APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA NOTIFICAÇÕES DE INUNDAÇÕES NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE

Rogério R. de Vargas¹

Marcus V. P. Saraiva²

Maurycio R. Oviedo¹

Alexandre Russini¹

Cezar V. L. Halim¹

Alexandre B. Lopes³

Robert M. Silva^{1,3}

¹ Universidade Federal do Pampa – Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem - LabSIM – Rua Joaquim de Sá Britto, s/n – Itaqui-RS / CEP 97650-000 – labsim@unipampa.edu.br

² Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas, e Ambientais - Brasília-DF / CEP 70076-900 - marcus.saraiva@ipea.gov.br

³ Universidade Federal do Paraná – Centro de Estudos do MAR - CEM – Av. Beira Mar, s/n – Pontal do Sul / Pontal do Paraná-PR / CEP 83255-976 – ablopesrp@ufpr.br

ABSTRACT

Urban expansion into areas prone to flooding and, as such, unsuitable to urbanisation, have become an economic and social issue. This study proposes the development of an application software for mobile devices that allows real-time monitoring and simulation of flooding in the Uruguai river's banks at the municipality of Itaqui, in the West of Rio Grande do Sul State, in Southern Brazil. The Flutter Framework was used for development, which allowed the app's simultaneous deployment to Android and iOS operating systems. The app accesses real-time fluviometric data provided by the Brazilian National Water Agency (Agencia Nacional de Águas - ANA) to check the current water level of the Uruguai river, and possibly flooded areas are estimated by using a custombuilt digital elevation model. The user can interactively change the water level in the app's interface and visualise the resulting change in the flood's extent, thus anticipating a possible disaster and take action accordingly.

Keywords: Enchente, Risco, Simulação.

INTRODUÇÃO

As inundações são responsáveis por inúmeras perdas, tanto humanas como materiais. De acordo com (SANTOS,2007), inundações encontram-se entre os desastres naturais mais corriqueiros no Brasil, juntamente com secas, erosões e escorregamentos ou deslizamentos de terra. Nas cidades brasileiras as ações do poder público para o controle de inundações em áreas habitadas são limitadas, principalmente pela falta de recursos para a obtenção de dados topográficos, geodésicos, pluviométricos e fluviométricos necessários para a aferição do problema, bem como para promover a infraestrutura necessária para sua mitigação. De acordo com (ELSHORBAGY,2017), regiões de várzeas e terras baixas possuem naturalmente altos níveis de risco de

inundação devido a sua proximidade com rios. A urbanização dessas áreas torna-se um problema tanto para os moradores quanto para o poder público, pois as mesmas constantemente estarão propensas às inundações.

Com o propósito de disseminar informações sobre os rios brasileiros, a Agência Nacional de Águas (ANA) lançou, em 2019, o aplicativo Hidroweb Mobile. Este aplicativo, gratuito e disponível para os sistemas iOS e Android, apresenta dados das estações de monitoramento mais próximas do usuário a partir da localização do dispositivo móvel, que pode ser um celular ou *tablet*. Conforme (BRASIL,2019), a ANA monitora os rios do Brasil usando a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), contando com cerca de 4,5 mil estações de monitoramento em todo o País. Os dados são obtidos a partir de estações fluviométricas (nível e vazão dos rios), pluviométricas (volume de chuvas), sedimentométricas (volume de sedimentos), e de qualidade da água. Ressalta-se que o aplicativo Hidroweb apresenta as estações e seus dados apenas de forma numérica, não sendo possível visualizar espacialmente as informações e nem simular os efeitos da alteração nos valores aferidos.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis para monitoramento e simulação da extensão espacial das cheias do rio Uruguai. A próxima seção detalha a área de estudo disponível na primeira versão do aplicativo. Após, na seção 3, são apresentados os dados e a metodologia empregada. Os resultados são discutidos na seção 4. A seção 5 apresenta as conclusões do artigo e discute possibilidades de trabalhos futuros.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo disponível na primeira versão do aplicativo abrange a área urbana do município de Itaqui, na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. O município localiza-se na divisa entre Brasil e Argentina e às margens do Rio Uruguai, conforme figura 1. Itaqui possui extensão territorial de 3.406 km² e população de 38.166 habitantes, conforme o último censo realizado pelo IBGE em 2010. Cerca de 87% (33.301) desses habitantes vivem na área urbana do município.



Figura 1. Localização do município de Itaqui na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, Brasil.

O A Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul sofre constantemente com inundações decorrentes da cheia do rio Uruguai. (SAUERESSIG,2012) comenta que, durante o período de 1980 a 2010, o município de Itaqui foi um dos mais afetados por enchentes no Estado do Rio Grande do Sul. Neste período, foram registrados 28 desastres desencadeados por enchentes e 14 Decretos de Situação de Emergência foram homologados. (ARAUJO,2019) destaca que essas inundações ocorridas no município de Itaqui e demais cidades da região são causadas por cheias periódicas do rio Uruguai. A maior inundação registrada no município ocorreu no ano de 1983, quando o nível da água alcançou a cota vinculada ao SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) de 57,23 metros. Essas inunda es recorrentes causam prejuízos ao município de Itaqui, pois parte significativa de sua área urbana está situada em regiões de várzea e terras baixas. A popula o residente nessas áreas convive com incerteza e falta de informa o sobre como agir em caso de enchentes. Essas incertezas poderiam ser minimizadas através um sistema de monitoramento e simula o do nível do rio Uruguai acessível aos moradores, tal como proposto neste artigo.

METODOLOGIA

Duas fontes de dados principais são utilizadas, neste trabalho, para o monitoramento em tempo real do nível do rio Uruguai e simula o de áreas inundadas, respectivamente: a) dados fluviométricos disponibilizados pela Agência Nacional de  guas (ANA), e b) um Modelo Digital de Eleva o (MDE) desenvolvido por (SILVA,2017). A obten o desses dados e subsequente preparo para uso no aplicativo proposto são descritos a seguir.

NÍVEL FLUVIOMÉTRICOS DO RIO URUGUAI

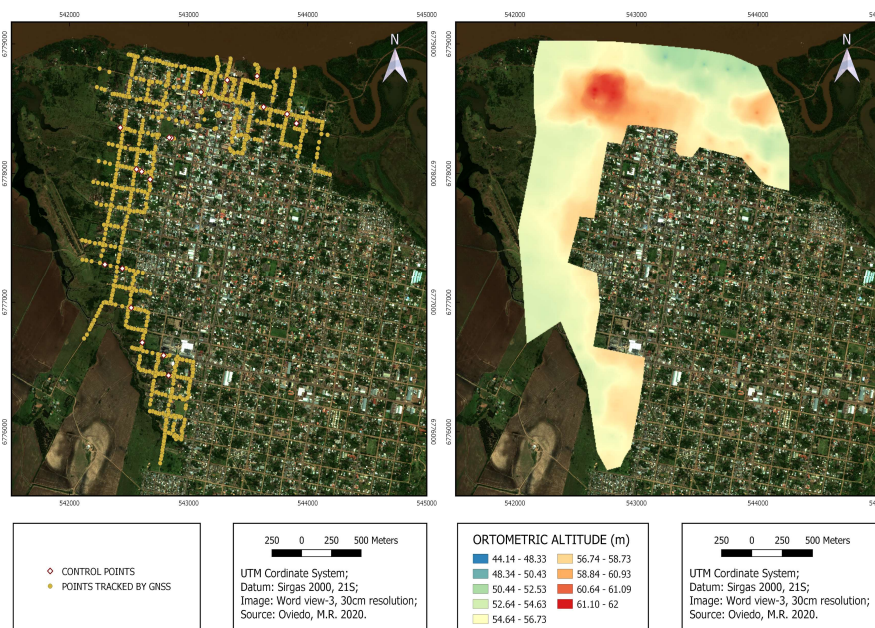
O nível fluvial do rio Uruguai   obtido, em tempo real, a partir do sistema Hidro-Telemetria, pertencente a Agência Nacional de  guas (ANA). Esta ferramenta   integrada ao Sistema Nacional de Informa es sobre Recursos Hídricos (SNIRH) que, por sua vez, possui um banco de dados com informa es da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). A RHN disponibiliza informa es referentes aos níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos dos rios brasileiros. No município de Itaqui, a esta o está localizada no rio Uruguai e   operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), sob código de reconhecimento 75900000.

MODELO DIGITAL DE ELEVA O

O Modelo Digital de Eleva o (MDE) utilizado neste trabalho foi desenvolvido por (SILVA,2017), a partir de dados do Sistema de Navega o Global por Satélite (GNSS).

Este MDE foi avaliado considerando o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), de modo a garantir a precisão e acurácia do modelo utilizado na simulação da abrangência das inundações.

O processo de produção e avaliação do MDE consiste em três etapas: levantamento, processamento e verificação. Na primeira etapa, foi realizado o levantamento dos dados através do Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) no modo relativo estático, através do qual são obtidas as coordenadas geodésicas dos pontos dentro da área de estudo em relação às coordenadas previamente conhecidas de um ponto de referência. Foi feito o levantamento *in loco* de um total de 836 pontos. As coordenadas planimétricas destes pontos foram referenciadas ao Sistema de Referência Geocêntrico das Américas época 2000,4 (SIRGAS 2000,4), enquanto suas coordenadas altimétricas foram vinculadas ao geóide (altitudes ortométricas) com auxílio do Modelo de Ondulação Geoidal (IBGE:2015,MAP) disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A coleta dos pontos foi realizada de acordo com o terreno, conforme (figura 2(a)), buscando-se uma melhor disposição do relevo e cobertura das áreas alagáveis com base nos locais afetados pela enchente de 2014.



(a) Mapa contendo os 836 pontos levantados na cidade de Itaquí.

b) Modelo Digital de Elevação resultante, produzido através do método de interpolação *Kriging* utilizando 90% dos dados.

Figura 2. Mapas do levantamento realizado por Silva 2017.

Na segunda etapa, foram produzidos MDEs utilizando diferentes métodos de interpolação disponíveis no software ArcMap®: *Topo to Raster*, *Natural Neighbor*,

Spline, Kriging e Inverse Distance Weighting. Cinco conjuntos de pontos aleatórios foram retirados do total de dados para serem utilizados como pontos de controle na avaliação da qualidade posicional dos modelos. Essas amostras correspondem a aproximadamente 10%, 20%, 30%, 40% e 50% do total dos dados levantados. Com o restante dos dados, 25 MDEs foram produzidos para posterior verificação.

Na terceira e última etapa, foi realizada a verificação da qualidade dos dados geoespaciais, por meio da comparação das informações obtidas dos MDEs com os pontos de controle reservados na etapa anterior. Para tanto, foi utilizado o Software GeoPec. O controle de qualidade posicional dos MDEs foi realizado sobre os resíduos das altitudes dos pontos de controle e as altitudes extraídas dos modelos. Os resíduos foram base para realizar teste de normalidade, tendência, precisão e cálculo dos valores do RMSE (*Root Mean Square Error*) para inferir sobre a acurácia do produto espacial. Assim sendo, o valor do RMSE é o parâmetro de qualidade, sendo tomado como melhor modelo aquele que possui o valor de RMSE mais próximo do valor zero. Os resultados podem ser vistos na (tabela 1).

TABELA 1. RMSE DAS AMOSTRAS.

Pontos (%)	Modelo				
	IDW	Kriging	Topo to Raster	Spline	N.Neighbor
90	0,3313	0,2203	0,2364	0,2243	0,2338
80	0,4477	0,2545	0,3108	0,3310	0,3425
70	0,5177	0,2807	0,3683	0,2768	0,3459
60	0,6299	0,4094	0,4046	0,4043	0,3707
50	0,6226	0,3682	0,3889	0,5114	0,4021

Fonte: Silva 2017.

Os resultados da tabela 1 demonstram que o método *Kriging* apresentou a melhor acurácia na maioria dos testes realizados, de acordo com os baixos valores de RMSE destacados em negrito. Portanto, este foi o método escolhido para a produção do MDE utilizado no aplicativo, que pode ser visto na (figura 2(b)).

COMPATIBILIZAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA

Os dados provenientes das duas fontes apresentadas anteriormente não são diretamente compatíveis entre si, pois seguem referenciais diferentes. Especificamente, os níveis fluviométricos disponibilizados pela ANA são medidos em relação às réguas milimétricas fixadas junto às margens do rio Uruguai, enquanto no MDE (figura 2(b)) as cotas estão vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Portanto, um processo de compatibilização se faz necessário, como descrito a seguir.

Primeiramente, as cotas dos níveis fluviais foram referenciadas ao SGB através da RN 1931A por nivelamento e contranivelamento geométrico com fechamento de 0,007 metros. A seguir, o MDE referenciado ao SGB através da RN 1931A foi vinculado ao zero da régua da estação de Itaqui-RS (75900000) com a subtração de 42,623 metros de todas as cotas obtidas pelo modelo. Este valor representa a cota do zero da régua desta estação vinculada ao SGB. Assim, o referencial usado em ambos dados (MDE e cota d'água do rio Uruguai) foi padronizado para o zero da régua da estação fluviométrica.

DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

Para o desenvolvimento do aplicativo foi utilizado o Kit de Desenvolvimento de Software (SDK) Flutter, da Google. Este SDK consiste de um *framework* para desenvolvimento de sistemas nativos para as plataformas iOS e Android. O SDK utiliza a linguagem orientada a objetos Dart, cuja sintaxe é muito similar ao Java ou JavaScript. O esquema geral do aplicativo e suas dependências pode ser visto na (figura 3), onde:

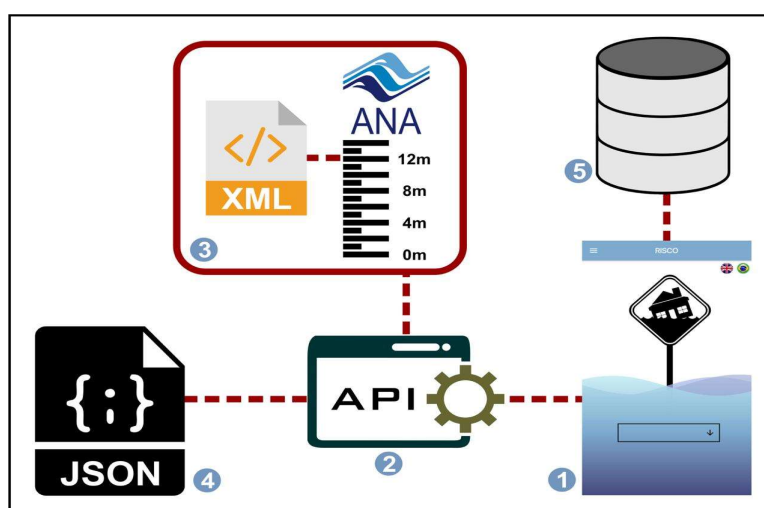


Figura 3. Esquema do funcionamento do sistema SDK para desenvolvimento do aplicativo.

1. **Aplicativo:** Ferramenta desenvolvida para dispositivos móveis para gerenciamento de notificações e simulações;
2. **API:** Responsável pela conexão e conversão de dados. Esta API recebe a requisição do aplicativo conectando ao sistema da ANA que disponibiliza um ~ arquivo XML, sendo que a API ainda converte o arquivo XML para o formato JSON, retornando os dados para o aplicativo;
3. **XML/ANA:** A ANA disponibiliza os dados de monitoramento dos rios em um arquivo XML;
4. **JSON:** Formato de dados compatível com o sistema desenvolvido.

5. **Banco de Dados:** Esta base de dados contém as coordenadas geodésicas e o MDE das cidades pertencentes ao sistema RISCO.

O aplicativo faz a leitura do MDE a partir de um arquivo em formato JSON. Cada célula possui informações de latitude e longitude, referentes ao ponto central de cada célula, além da altitude da mesma. O tamanho da célula varia de acordo com a área de estudo. No caso de Itaqui, foram utilizadas células com 100 metros. O aplicativo realiza a leitura do nível do rio fornecido pela ANA e compara com a altitude de cada célula do MDE da cidade. As células são, então, coloridas de acordo com o resultado dessa comparação: (a) Células cuja altitude é menor ou igual ao nível atual do rio Uruguai são coloridas em azul, representando áreas já inundadas (b) Células cuja altitude estiver até meio metro acima do nível atual do rio são coloridas em azul claro, representando risco iminente de inundação (c) Células acima de meio metro do nível do rio são mantidas transparentes, indicando a presença de solo seco.

O esquema para a coloração do mapa é apresentado na (Figura 4), abaixo.

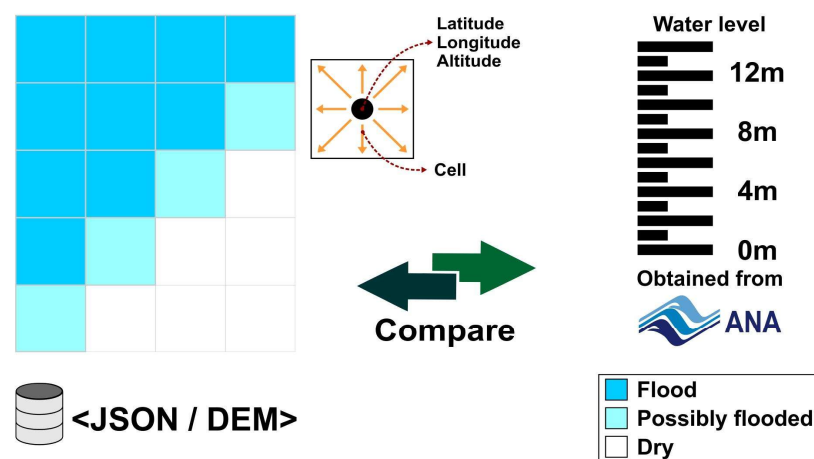


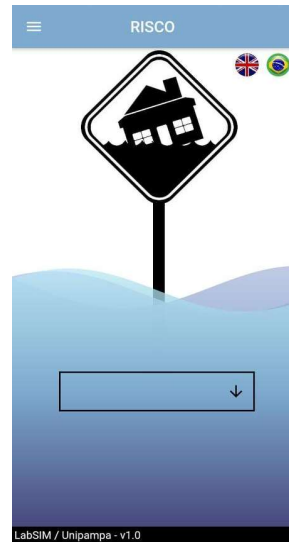
Figura 4. Esquema de coloração das células e formação do mapa de inundação.

RESULTADOS

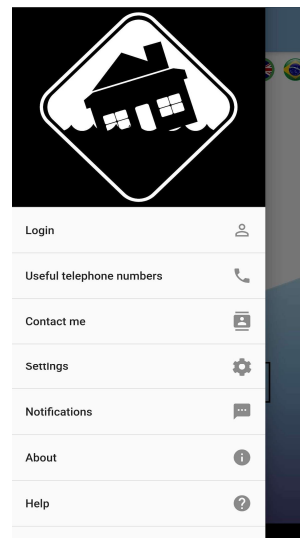
O aplicativo foi desenvolvido simultaneamente para os sistemas operacionais Android e iOS, o que foi possibilitado pelo uso do *framework* Flutter, e atualmente encontra-se em versão de testes disponível apenas para a equipe do projeto. O download poderá ser feito, gratuitamente, a partir da *Apple App Store* e *Google Play Store* assim que a versão 1.0 estiver finalizada.

A interface do aplicativo foi projetada para ser amigável e de fácil manuseio, facilitando seu uso pela população em geral. As telas iniciais do aplicativo podem ser visualizadas na (figura 5). A tela inicial (figura (a)) exibe o nome do aplicativo (RISCO, ou RISK

quando configurado em inglês) na parte superior. Nesta tela, o usuário pode selecionar o idioma a ser utilizado, sendo que atualmente estão disponíveis os idiomas português e inglês. Ainda na tela inicial, o usuário deverá selecionar a cidade para o monitoramento e/ou simulação. No menu principal, são listadas as opções da ferramenta: login, telefones úteis, configurações, entre outras, conforme pode ser visto na (figura (b)).



(a) Tela inicial.



(b) Menu principal do aplicativo

Figura 5. Opções de tela inicial do aplicativo.

A ferramenta apresenta duas ações principais: monitoramento e simulação do nível do rio Uruguai e áreas alagadas. A tela de monitoramento em tempo real pode ser vista na (figura 6). A interface de simulação da elevação do nível da água do rio Uruguai e consequente inundação de suas margens pode ser vista na (figura 6(b)). Esta figura mostra a simulação de uma elevação de 14 metros no nível do rio, causando inundações ao norte e oeste da área urbana.

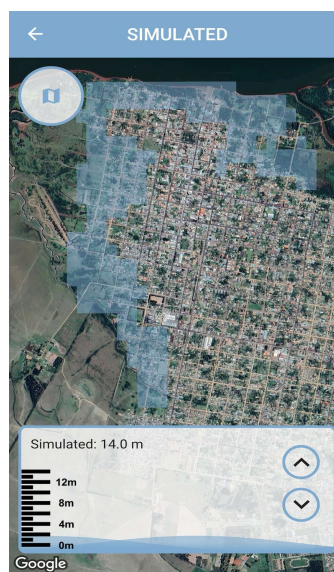
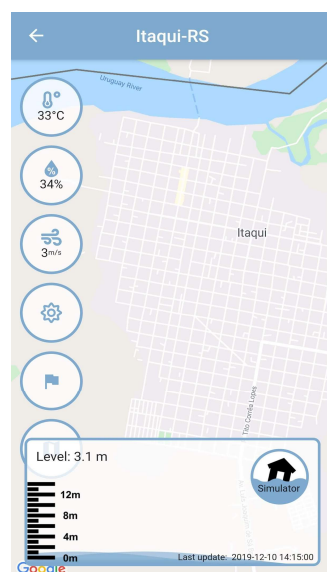


Figura 6. Tela principal do aplicativo, (esquerda) Mapa da cidade no aplicativo, (direita) Simulação da enchente com cota de 14 metros.

Conforme pode ser observado na tela de simulação (figura 6(b)), a área inundada pelo rio é representada em azul claro, facilitando a interpretação por parte dos usuários. Junto ao modelo, a tela também possui um marcador de cotas, que tem como função mostrar as cotas atual e simulada do rio Uruguai. Outras informações atualizadas em tempo real e que podem ser visualizadas no aplicativo são os dados climáticos, incluindo temperatura, precipitação e velocidade do vento.

CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um aplicativo que permite monitorar e simular inundações na cidade de Itaqui, causadas por cheias do rio Uruguai. O artigo também detalhou a metodologia utilizada em seu desenvolvimento.

As informações disponibilizadas pelo aplicativo auxiliarão o usuário na tomada de decisão, fazendo com que se tenha uma noção visual do avanço das águas do rio a distância e a qualquer hora do dia. Assim, o usuário terá mais tempo para agir, evitando maiores danos pessoais e materiais. Ressalta-se que essa ferramenta também servirá de apoio à Defesa Civil, visando a previsão nas ações de evacuação das áreas de risco, bem como simulação da abrangência da enchente conforme o nível do rio aumenta de forma precisa e imediata.

Como trabalho futuro, está prevista a expansão do aplicativo para outras cidades, começando por cidades da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, próximas a Itaqui. Para tanto, é necessária a realização de levantamento topográfico com vistas à produção dos MDEs de alta precisão utilizados no aplicativo. Um sistema de notificações em tempo real também está em desenvolvimento, com o objetivo de alertar o usuário do risco de enchente a partir de sua localização geográfica obtida do GPS do dispositivo móvel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo, P. V. N., Amaro, V. E., Silva, R. M., and Lopes, A. B. (2019). Delimitation of flood areas based on a calibrated a dem and geoprocessing: case study on the uruguay river, itaqui, southern brazil. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(1):237– 250.

Elshorbagy, A., Bharath, R., Lakhanpal, A., Ceola, S., Montanari, A., and Lindenschmidt, K.-E. (2017). Topography- and nightlight-based national flood risk assessment in canada. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(4):2219–2232.

IBGE (2015). O novo modelo de ondulação geoidal do brasil mapgeo2015. ~ http://geoftp.ibge.gov.br/modelos_digitais_de_superficie/modelo_de_ondulacao_geoidal/cartogr_ama/rel_mapgeo2015. Acesso: 13/03/2020.

Raylton, A. (2019). Ana lança aplicativo gratuito com dados de rios e chuvas em todo o Brasil. <https://www.ana.gov.br/noticias/ana-lanca-aplicativo-gratuito-com-dados-de-rios-e-chuvas-em-todo-o-brasil>. Acesso: 15/12/2019.

SANTOS, R. F. d. o. (2007). *Vulnerabilidade Ambiental - Desastres naturais ou fenômenos induzidos?* Brasília: Ministério do Meio Ambiente, <http://www.terrabilis.org.br/ecotecadigital/pdf/vulnerabilidade-ambiental-desastres-naturais-ou-fenomenos-induzidos.pdf>.

Saueressig, S. R. (2012). Zoneamento das áreas de risco à inundação da área urbana de Itaqui- rs. Master's thesis, UFSM - Universidade Federal de Santa Maria.

Silva, R. M. (2017). Proposta de metodologia para definição de um modelo digital de elevação para monitoramento de áreas de inundação. Master's thesis, Universidade ~ Federal do Pampa