

Recebido:	Jul/2023
Publicado:	Dez/2023

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO MONITORAMENTO DE ENCHENTES: UM ESTUDO DE REVISÃO SISTÊMICA

Fernando Aparecido Costa Barizão  0009-0006-0560-3881
Universidade Estadual de Maringá
Generoso De Angelis Neto  0000-0002-2592-3608
Universidade Estadual de Maringá

RESUMO: Para reduzir o risco enchentes urbanas e aumentar a resiliência de comunidades vulneráveis, especialmente comunidades costeiras os sistemas de monitoramento empregam uma função crucial na eminência de possíveis desastres. Como parte fundamental das medidas não relacionadas à engenharia, reconhecesse que melhorar o monitoramento e a previsão de inundações urbanas é uma medida com alto benefício relacionado ao custo da redução do risco. A pesquisa teve como objetivo apresentar de forma resumida metodologias de monitoramento de enchentes em centros urbanos por meio uma metodologia de revisão sistemática da literatura (RSL). Este artigo revisou de maneira geral os mecanismos

inovadores de monitoramento de enchentes e resumiu brevemente os métodos que os autores buscaram para dar uma solução em relação ao monitoramento e previsão de enchentes. Todos os sistemas abordados neste artigo de revisão compartilham uma característica comum, o uso de sistemas meteorológicos como ferramentas de previsão de enchentes, porém combinado com outras ferramentas. Dentre eles o uso complementar de sensores LiDAR e o sistema de o integração de câmera de vigilância se destacam no monitoramento em tempo real e previsão de enchente, se tornando ferramentas que possibilitam o auxílio de previsão é monitoramento de desastres.

PALAVRAS-CHAVE: Câmeras de Vigilância. Satélite. Dados Meteorológicos.

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN FLOOD MONITORING: A SYSTEMATIC REVIEW STUDY

ABSTRACT: To reduce the risk of urban flooding and increase the resilience of communities, especially coastal communities or monitoring systems play a crucial role in mitigating potential disasters. As a key part of non-engineering measures, recognize that improving urban flood monitoring and forecasting is a measure with high benefit relative to the cost of risk reduction. The

research aimed to briefly present methodologies for monitoring floods in urban centers through a systematic literature review (SLR) methodology. This article generally reviewed flood monitoring switches and briefly summarized the methods the authors sought to provide a solution regarding flood monitoring and forecasting. All systems considered in this review article have a

common feature, the use of meteorological systems as flood forecasting tools, but combined with other tools. Among them, the complementary use of LiDAR sensors and the

surveillance camera integration system, highlight real-time monitoring and flood forecasting, becoming tools that allow disaster forecasting and monitoring.

Keywords: Surveillance Cameras. Satellite. Meteorological Data.

INTRODUÇÃO

Com as alterações no clima global, a frequência de desastres naturais extremos, tais como de grandes precipitações, com decorrência de enchentes, está aumentando. Como resultado, as inundações repentinas tornaram-se um grande perigo em todo o mundo (Han et al. 2015; Kvocýka et al. 2016).

De forma geral, as inundações, enchentes e alagamentos são problemas relacionados diretamente a fatores climáticos e aos sistemas de drenagem urbana (Hsu et al., 2019). Conforme o Ministério das Cidades (MCID-IPT, 2007), as enchentes e inundações são formas de desastres naturais deflagrados por chuvas intensas e/ou de longa duração, intensificados pela intervenção antrópica, relacionadas ao processo de urbanização, e que afligem constantemente diversas comunidades no mundo inteiro.

As inundações estão relacionadas com o relevo local, sendo uma ocorrência natural de transbordamento da água da chuva. Já as enchentes podem ser definidas como o aumento temporário do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão pela chuva, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem transbordamento (TUCCI; GENZ, 1995).

No caso dos alagamentos, estes eventos estão diretamente ligados ao sistema de drenagem urbana, no qual se tem uma precipitação intensa e uma rede de drenagem ineficiente para aquela vazão (TUCCI; GENZ, 1995).

A grande problemática envolvendo as enchentes, são as construções de edificações em áreas de risco, neste caso os sistemas de alerta podem ser uma ferramenta capaz de oferecer avisos de risco e evitar maiores desastres envolvendo a perda de vidas (HASSAN et al., 2019).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2022), por meio de um estudo realizado durante 9 anos, sendo coletados dados pluviométricos em quatro estações de monitoramento do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), percebe-se que o uso de informações da variabilidade das chuvas possibilita a implementação de soluções estratégicas para o monitoramento e previsão de possíveis desastres como alagamentos, enchentes e deslizamentos.

A capacidade e o uso sinérgico de observações de satélite de várias fontes para monitoramento e previsão de inundações são cruciais para melhorar a preparação e mitigação de desastres (Du et al., 2020).

Embora a utilização de inovações tecnológicas, tais como o uso de imagem por satélite, possam abrir uma gama de possibilidades de aplicação em diversas indústrias, setores e

atividades, incluindo no monitoramento de enchentes, nem sempre pode ser considerado um método eficaz, sendo necessário a observação de diversos fatores (DOS ANJOS, 2017)

A pesquisa tem como objetivo apresentar formas inovadoras de monitoramento de enchentes em centros urbanos, sendo utilizada uma metodologia de revisão sistemática da literatura (RSL), por meio de pesquisa científica, que reúne estudos relevantes sobre problemas definidos, buscando artigos em revistas Qualis A, na categoria Engenharias 1.

1 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho está baseado na metodologia de revisão sistemática da literatura (RSL), por meio de pesquisa científica, que reúne estudos relevantes sobre problemas definidos.

Primeiramente, para o levantamento de literatura foi escolhida a base de dados Google Acadêmico, na área de engenharias. Posteriormente, foram definidas as *strings* de pesquisa utilizadas. Portanto, o termo *flood monitoring systems* foi utilizado para limitar a busca às publicações sobre o problema abordado, para o período de 2018-2022.

Os critérios de inclusão também foram utilizados para refinar a busca e limitar as publicações analisadas de forma mais relevante e atual, de modo que foram utilizadas apenas publicações dos últimos cinco anos (2018-2022), escritas em inglês e publicadas em revistas Qualis A, na categoria Engenharias 1.

Após uma busca inicial e critérios de exclusão, as publicações resultantes passaram por um processo de filtragem em 3 etapas para refinar ainda mais a busca, limitando-a apenas às publicações que destacaram as questões abordadas neste trabalho.

Na etapa de Filtragem 1, foram verificados o título resumo e conclusão dos artigos analisados. Na etapa de Filtragem 2, foi realizada a leitura mais detalhada da introdução, havendo a exclusão dos artigos não aplicados ao tema em análise. E por fim, para a etapa de Filtragem 3 da pesquisa, se realizou uma leitura completa.

2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio dos levantamentos bibliográficos foram verificadas quatro formas de monitoramentos de enchentes, sendo eles: o uso combinado de imagens do radar meteorológico com sistemas de circuito fechado de vigilância, sistema de monitoramento via satélite, uso de

sensores LiDAR e a utilização de um sistema de boias com sensores (Hassan et al., 2018; Hsu et al., 2019; Du et al., 2020; Li et al., 2020).

O artigo apresentado por Hsu et al. (2019), foi publicado na revista *Sensors* (Qualis A2 – Engenharias 1), e desenvolve ARMT (imagens combinadas automáticas de radar meteorológico terrestre) e SCFV (Sistema de Circuito Fechado de Vigilância) para monitoramento de inundações em tempo real, que integra imagens de eco de radar terrestre em tempo real e estima automaticamente uma previsão de chuva de acordo com a intensidade da nuvem.

O ARMT combina a captura de imagens de SCFV, a análise e processamento de Fourier, identificação, estimativa do nível de água e a transmissão de dados para fornecer informações de alerta em tempo real. Além disso, os dados hidrográficos podem servir como referências para a prevenção de desastres relevantes, e os agentes de respostas podem aproveitá-los e fazer julgamentos com base nesses dados (Hsu et al., 2019).

A metodologia foi testada por meio de entrada de dados históricos, que mostraram sua confiabilidade entre 83% a 92% e ao ser aplicado ao monitoramento e análise em tempo real (por exemplo, tufão), sua confiabilidade foi de 79% a 93% (Hsu et al., 2019).

Quanto a pesquisa de Du et al. (2020), se trata de um artigo publicado no *IEEE Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations and Remote Sensing* (Qualis A1 – Engenharias 1) e utilizou imagens recuperadas da cobertura de água fracionada da superfície (AFS), derivadas das temperaturas de brilho ativo e passivo de umidade do solo providas do SMAP, para avaliação do estudo de caso de inundações no sudeste da África durante o evento do ciclone Idai.

Foram realizadas observações em outras cinco sub-bacias da bacia do Pungoé e desenvolvido uma abordagem baseada em simulações computacionais com o suporte de engenharia do Google Earth para previsão diária de cobertura de AFS e redução de escala e mapeamento de inundação (Du et al., 2020).

Utilizando recuperações derivadas do SMAP e LandSat, juntamente com previsões de chuva do Sistema de Previsão Global (SPG) foi desenvolvido modelo computacional para a validação do estudo, que mostrou que as previsões de AFS em datas selecionadas são altamente correlacionadas com as observações feitas pelo LandSat (Du et al., 2020).

Os resultados da previsão e monitoramento das inundações do evento Idai, mostram padrões de inundações consistentes com as observações de satélite. Conforme os autores (Du

et al., 2020), a abordagem baseada nos dados oferece uma nova capacidade de monitoramento e previsões de enchentes, principalmente em regiões onde os dados são escassos.

O artigo de Li et al. (2020), publicado na revista *Water Resources Management* (Qualis A1 – Engenharias 1), apresenta um método para a aplicação de técnicas LiDAR baseadas em UAV para conduzir a propagação de inundações de alta propagação e modelagem de inundação.

Os autores apresentam de forma abrangente a plataforma UAV, o sensor LiDAR e as técnicas de processamento de dados necessárias, propondo uma abordagem para obtenção de um modelo de elevação digital de alta resolução (DEM) refinado para gerenciamento de inundações, cuja precisão é elevada para a modelagem do terreno.

Por meio de dados coletados em dois tipos de terrenos (uma pequena área montanhosa e uma grande área urbana) e com requisitos de tempo foi desenvolvido um modelo numérico hidrodinâmico completo, aplicado para simular uma inundação relâmpago na bacia montanhosa e uma inundação na área urbana em alta intensidade (Li et al., 2020).

Quanto aos estudos de Hassan et al. (2018), publicado na *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)* (Qualis A3 – Engenharias 1), apresenta um sistema de alerta de inundações precoce para gestão de inundações. Esse sistema ajuda alertar as pessoas antecipadamente com o uso de aplicativo de menagem (MSM), utilizando o sistema de comunicação móvel (GSM).

O artigo supracitado apresenta um sistema de alerta precoce simples, portátil e de baixo custo, utilizando uma placa de Arduino, que é utilizada para controlar todo o sistema de monitoramento e o GSM, para o envio de dados. O sistema foi projetado e implantado com base em dois sistemas hardware e software (Hassan et al., 2018).

O modelo determina o nível de água usando sensores em boia, depois analisa os dados coletados e determina a eminência de uma inundação presente. O nível de água é traduzido em uma mensagem é enviada ao usuário via SMS. A rede GSM é usada para conectar as unidades gerais do sistema via SMS (Hassan et al., 2018).

Todos os sistemas abordados nesse artigo de revisão tangenciam uma característica em comum, o uso do sistema meteorológico como ferramenta de previsão das enchentes, pois a partir dos dados cada sistema faz uma integração do método de aferição com as informações meteorológicas, trazendo informações sobre a previsão e até mesmo a análise de como o clima da região pode afetar determinado ponto urbano.

Esses dados traduzidos e aplicados nos sistemas, cada qual com sua metodologia própria, criou um panorama geral da eminência de perigo para a região em análise. Sendo essa a única semelhança entre eles, cada um dos sistemas usa um tipo de tecnologia que se baseia na combinação de imagens do radar meteorológico com sistemas de circuito fechado de vigilância, sistema de monitoramento via satélite, uso de sensor LiDAR ou a utilização de um sistema de boias com sensores.

Todos os métodos tem suas aplicações e eficiências comprovadas, porém o sistema de uso de sensores LiDAR abordado por Li et al. (2020) e o uso combinado de imagens do radar meteorológico com sistemas de circuito fechado de vigilância feito Hsu et al. (2019) demonstram ser melhores ferramentas a serem aplicadas em zonas urbanas, devido a sua precisão e acompanhamento em tempo real.

A aplicabilidade em zonas urbanas do uso de satélites, realizado por Du et al. (2020), não é tão precisa e dificilmente poderá ser acompanhada em tempo real, pois o clima pode atrapalhar a visualização feitas pelos satélites, mas é amplamente utilizada em grades escalas principalmente para o acompanhamento de planícies que podem sofrer inundações.

Por fim o sistema de boia com dispositivo de Hassan et al. (2018), seria uma complementação aos outros métodos, pois é possível ser instalado em diversos pontos para aumentar a precisão da elevação do nível da água. Ainda com esse sistema é possível realizar o alerta via SMS a população de determinada zona de risco, assim garantindo que tenha um tempo de ação para evitar possíveis desastres levando percas meterias e até mesmo de vidas.

Todos os sistemas abordados neste artigo de revisão de literatura têm seu mérito e sua aplicabilidade. Sendo assim cabe aos órgãos competentes analisar qual deles irá atender os requisitos de determinada zona de aplicação, garantido assim um alerta de eminência de um possível desastre.

3 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que as técnicas LiDAR UAV são um método eficiente e confiável para o levantamento de terrenos, tornando-as altamente importantes para a criação simulação de inundações de alta intensidade (Li et al., 2020).

Com a tecnologia fornecendo informações sobre imagens e níveis de água quantificados no monitoramento de inundações e enchentes, os tomadores de decisão podem entender melhor a situação no local e chegar a realizar uma evacuação antes que o desastre de enchente ocorra,

bem como discutir medidas de mitigação apropriadas após o desastre, buscando reduzir os efeitos adversos que essas ocorrências representam nas áreas urbanas.

No âmbito nacional a aplicação combinada de dois ou mais sistemas seria ideal, levando isso em consideração o sistema apresentado por Hsu et al. (2019) e a técnica de Li et al. (2020) quando trabalhados em conjunto fornecem um panorama mais preciso da previsão de enchentes ainda para um alerta em tempo real o emprego do sistema desenvolvido por Hassan et al. (2018), que por meio de aplicativo de mensagem consegue avisar a eminência de enchentes e alagamentos a população de uma determinada área de risco. Esses sistemas quando trabalham em conjunto pode ser uma ferramenta essencial para evitar e alertar de possíveis áreas de risco dando a população presente um tempo de resposta a fim de garantir perca de bens materiais e até mesmo a vida. A tecnologia é uma grande aliada no quesito de monitoramento e alerta, pois a previsão é a melhor aliada nesses casos de enchentes e inundações.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOS ANJOS, Rafael Silva. **Qualidade de dados do satélite TRMM para espacialização das chuvas na microrregião de Itaparica-PE**. 2017. 110 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco - Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Pernambuco, 2017.

DU, Jinyang; KIMBALL, John S.; SHEFFIELD, Justin; PAN, Ming; FISHER, Colby K.; BECK, Hylke E.; WOOD, Eric F. Satellite Flood Inundation Assessment and Forecast Using SMAP and Landsat. **IEEE Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations and Remote Sensing**, New Jersey (Estados Unidos), v.14, 2020. Disponível em:<https://eprints.soton.ac.uk/471521/1/Satellite_Flood_Inundation_Assessment_and_Forecast_Using_SMAP_and_Landsat.pdf> Acesso: 30 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Pesquisa destaca a importância do monitoramento de chuvas intensas**, 2022. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69454866/pesquisa-destaca-a-importancia-do-monitoramento-de-chuvas-intensas>> Acesso: 20 maio 2023.

HAN, Longfei; XU, Youpeng; PAN, Guangbo; DENG, Xiaojun; HU, Chunsheng; XU, Hongliang; SHI, Hongyi. Changing properties of precipitation extremes in the urban areas,

DOI 10.33872/revcalungaae.v1n2.e008

v. 1, n. 2 | Jul./Dez. 2023 | e-ISSN 2966-0378

Yangtze River Delta, China, during 1957–2013. **Natural Hazards**: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, v. 79, n.1, p. 437-454, 2015.

HASSAN, Wan Haszerila Wan; JIDIN, Aiman Zakwan; AZIZ, Siti Asma Che; RAHIM, Norain. Flood disaster indicator of water level monitoring system. **International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)**, Indonésia, v.9, n.3, p. 1694-1699, 2019. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijece.v9i3.pp1694-1699>.

HSU, Shih-Yen; CHEN, Tai-Been; DU, Wei-Chang; WU, Jyh-Horng; CHEN, Shih-Chieh. Integrate Weather Radar and Monitoring Devices for Urban Flooding Surveillance. **Sensors**, Basiléia (Suíça), v.19, n.825, 2019. doi:10.3390/s19040825.

LI, Bingyao; HOU, Jingming; LI, Donglai; HAN, Hao; BI, Xu; WANG, Xinghua; HINKELMANN, Reinhard; XIA, Junqiang. Application of LiDAR UAV for High-Resolution Flood Modelling. **Water Resources Management**, Vancouver (Canadá) v.35, p. 1433-1447. doi.org/10.1007/s11269-021-02783-w.

MCID-IPT. Ministério das Cidades - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília, 2007. 176 p. Organizadores: Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**. In: Drenagem Urbana.

TUCCI, C; PORTO, R.; BARROS, M.T, (orgs). Editora da Universidade e ABRH, 1995, p. 277-347.