

UTILIZAÇÃO DE REDES NEURAIIS PARA SIMULAÇÃO DE MANCHAS DE INUNDAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO RIO QUITANDINHA – PETROPOLIS – RJ

Ana Paula Novaes da Silva¹, Leonardo Bacelar Lima Santos², Francisco de Assis Dourado da Silva³

RESUMO

As inundações urbanas vêm se intensificando nas últimas décadas, impulsionadas pela maior frequência de eventos hidrometeorológicos extremos, pela impermeabilização crescente do solo e pela ocupação desordenada de áreas suscetíveis. No Brasil, o problema atinge diversos municípios, sendo especialmente crítico na região serrana do Rio de Janeiro, onde o relevo acidentado, o adensamento populacional e as deficiências na infraestrutura de drenagem ampliam os impactos das chuvas intensas. Petrópolis é um dos municípios mais afetados, com destaque para a bacia do rio Quitandinha, que apresenta recorrentes episódios de transbordamentos e alagamentos. A modelagem hidrológica e hidráulica tradicional, com ferramentas como HEC-HMS e HEC-RAS, é amplamente utilizada para prever manchas de inundação, mas exige elevado tempo de processamento, calibração manual complexa e forte dependência de dados detalhados. Nesse contexto, redes neurais artificiais (RNAs) surgem como alternativa promissora, ao possibilitar a construção de modelos preditivos baseados em dados históricos e geoespaciais. Esta pesquisa propõe o desenvolvimento de uma metodologia para previsão de manchas de inundação utilizando arquiteturas MLP e CNN, treinadas com dados pluviométricos, fluviométricos, topográficos e de uso do solo entre 2013 e 2021. As manchas geradas por modelos físicos servirão como referência para validar os modelos preditivos. Espera-se que os resultados reduzam o tempo de resposta, favoreçam a automação de sistemas de alerta e contribuam diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 e 13.

PALAVRAS-CHAVE: Inundações urbanas. Modelagem hidrológica e hidráulica. Redes neurais artificiais. Sistema de alerta antecipado.

ABSTRACT

Urban flooding has intensified in recent decades, driven by the increasing frequency of extreme hydrometeorological events, the growing impermeabilization of soil, and the unplanned occupation of susceptible areas. In Brazil, this problem affects several municipalities, being particularly critical in the mountainous region of Rio de Janeiro, where steep terrain, population density, and deficiencies in drainage infrastructure amplify the impacts of intense rainfall. Petrópolis is one of the most affected municipalities, especially in the Quitandinha River basin, which experiences recurrent episodes of overflow and severe flooding. Traditional hydrological and hydraulic modeling, using tools such as HEC-HMS and HEC-RAS, has been widely employed to predict flood inundation maps, but it requires high processing time, complex manual calibration, and strong dependence on detailed data. In this context, artificial neural networks (ANNs) emerge as a promising alternative, enabling the construction of predictive models based on historical and geospatial data. This research proposes the development of a methodology for flood inundation forecasting using MLP and CNN architectures, trained with rainfall, streamflow, topographic, and land use data from 2013 to 2021. Flood maps generated by physical models will serve as a reference for validating predictive models. The expected results aim to reduce response time, enhance the automation of early warning systems, and contribute directly to Sustainable Development Goals (SDGs) 11 and 13.

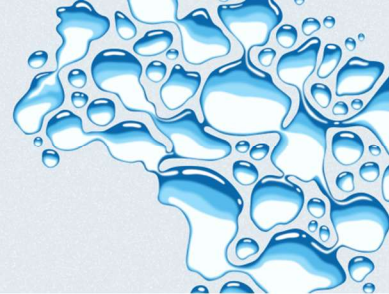
KEYWORDS: Urban flooding. Artificial neural networks. Hydrological and hydraulic modeling. Early warning systems.

¹ Aluna da Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ. Instrumentos da Política de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: apaulanovaess@gmail.com.

² Docente no Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (CAP/INPE) e colaborador no PPG em Ciência da Computação (UNIFESP). Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). São José dos Campos, São Paulo, Brasil. E-mail: leonardo.santos@cemaden.gov.br.

³ Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Aplicada Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: fdourado@uerj.br.





INTRODUÇÃO

As inundações em áreas urbanas são fenômenos que causam impactos significativos em populações vulneráveis, especialmente em regiões montanhosas e densamente ocupadas como a cidade de Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro. A bacia do rio Quitandinha tem histórico recorrente de eventos extremos, com registros expressivos de perdas humanas e materiais. Tradicionalmente, a previsão de inundações é realizada com modelos hidrológicos e hidráulicos baseados em física, como o HEC-HMS e o HEC-RAS. No entanto, esses modelos exigem calibração intensiva e tempo elevado de simulação.

Neste contexto, o presente projeto propõe uma abordagem alternativa baseada em redes neurais artificiais (RNAs) com arquitetura baseada em redes neurais convolucionais (CNN), visando o desenvolvimento de um modelo computacional capaz de prever a mancha de inundação com agilidade e boa acurácia. O projeto encontra-se em fase inicial e tem como foco a construção de um modelo treinado com dados geoespaciais, meteorológicos e hidrológicos da bacia do rio Quitandinha. A motivação central é oferecer uma solução mais acessível e rápida, especialmente útil para cenários operacionais em tempo real, contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 e 13, ao integrar inovação tecnológica, planejamento urbano e enfrentamento das mudanças climáticas. Com isso, busca-se apoiar a gestão de riscos e aumentar a resiliência urbana frente às mudanças climáticas.

MATERIAL E METODOS

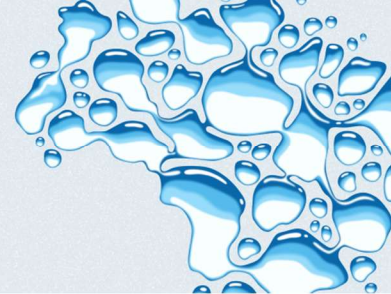
A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Quitandinha, cuja área de drenagem é de aproximadamente 45 km². Serão utilizados dados pluviométricos e fluviométricos das estações hidrometeorológicas do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), imagens topográficas de alta resolução tais como Modelo Digital do Terreno (MDT) e Modelo Digital de Elevação (MDE) e, eventualmente, mapas de uso e ocupação do solo. Os dados de entrada serão processados e organizados para evitar utilização de informações incompletas no treinamento. Será analisada também a possibilidade de inclusão de variáveis derivadas como declividade, distância ao rio e índice topográfico de umidade para melhorar a capacidade preditiva do modelo.

Como metodologia principal, será empregada uma arquitetura baseada em rede neural convolucional (CNN), que será treinada para integrar um sistema de previsão de mancha de inundação a partir de variáveis como chuva acumulada e nível do rio. As manchas simuladas com o HEC-RAS, validadas em estudos anteriores, serão utilizadas como base de referência para a avaliação dos resultados obtidos. A etapa de validação será realizada com dados de diferentes eventos históricos.

Pretende-se também implementar uma arquitetura baseada em perceptron multicamada (MLP) para comparação dos desempenhos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Espera-se obter um sistema baseado em RNA com capacidade de prever manchas de inundação com desempenho estatístico comparável aos modelos hidrodinâmicos tradicionais, porém com maior rapidez e potencial de integração em sistemas operacionais de alerta. O sistema implementado deverá ter capacidade de generalização que o permita ser adaptado a outras bacias



hidrográficas, desde que os mesmos tipos de dados estejam disponíveis para o treinamento. Pretende-se também identificar os principais desafios relacionados à representatividade dos dados e à aplicabilidade prática do modelo em órgãos públicos, contribuindo para a inovação em gestão de desastres naturais.

As atividades referentes ao desenvolvimento da pesquisa deverão seguir o cronograma representado na Tabela 1.

Tabela 1 - Cronograma de atividades 2025-2026

Atividades	ANOS 2025 - 2026									
	jun/25	jul/25	ago/25	set/25	out/25	nov/25	dez/25	jan/26	fev/26	mar/26
Revisão bibliográfica	X	X	X							
Levantamento e pré-processamento dos dados			X	X	X					
Estudo das RNAs					X	X				
Desenvolvimento da arquitetura da RNA					X	X				
Treinamento e validação dos modelos					X	X	X			
Desenvolvimento do sistema de predição						X	X	X		
Análise dos resultados								X	X	
Redação e ajustes finais da dissertação									X	X

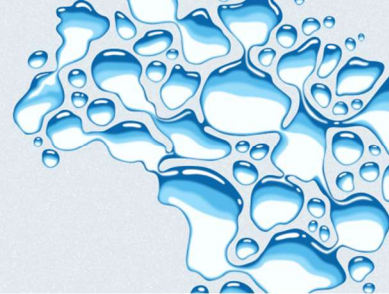
Fonte: Autoria própria (2025).

CONCLUSÃO

O projeto proposto visa contribuir para o avanço das metodologias preditivas aplicadas à gestão de riscos urbanos e adaptação às mudanças climáticas. A aplicação de redes neurais em um sistema para previsão de inundações representa um passo importante na modernização dos sistemas de monitoramento hidrológico, com impactos positivos esperados na proteção de vidas humanas, no planejamento urbano e na inovação tecnológica em gestão ambiental. O alinhamento com os ODS reforça o compromisso do projeto com o desenvolvimento sustentável e resiliente das cidades brasileiras.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.



REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. A.; SILVA, R. M. **Aplicação de redes neurais artificiais na previsão de cheias urbanas: estudo de caso na bacia do rio Bengalas – Nova Friburgo/RJ**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis. Anais [...]. Porto Alegre: ABRHidro, 2017.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Vulnerabilidade das cidades brasileiras aos desastres naturais: diagnóstico e caminhos para a construção de cidades resilientes**. Rio de Janeiro: BNDES, 2020. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/8676>. Acesso em: jul. 2025.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Boletins e dados pluviométricos operacionais**. São José dos Campos: CEMADEN, acesso contínuo.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapeamento de áreas de risco em Petrópolis – RJ**. Brasília: CPRM, 2014. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18940>. Acesso em: jul. 2025.

FONSECA, A. L. da. **Análise hidrometeorológica e modelagem hidráulica e hidrológica para simulação da mancha de inundação: estudo de caso na bacia do rio Quitandinha – Petrópolis-RJ**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2021.

KRATZERT, F. et al. Toward learning universal, regional, and local hydrological behaviors via machine learning applied to large-sample datasets. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 23, n. 12, p. 5089–5110, 2019. <https://doi.org/10.5194/hess-23-5089-2019>

LIMA, Glauston R. T. de et al. An operational dynamical neuro-forecasting model for hydrological disasters. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 2, p. 1-13, 2016.

MAGRO, R. B. **Aplicação de redes neurais artificiais para previsão de inundação em uma área urbana**. Universidade do Estado de Santa Catarina, 2021.

SCHWEIGER, A. H. et al. On explainability of neural networks in hydrologic modeling. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 24, p. 551–566, 2020. <https://doi.org/10.5194/hess-24-551-2020>

SOARES, Jaqueline A. J. P. et al. Uncertainty propagation analysis for distributed hydrological forecasting using a neural network. **Transactions in GIS**, 2024.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

VALLE, R. F. do. **Avaliação da utilização de redes neurais para previsão do risco de inundação em áreas urbanas na cidade de Curitiba/PR**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.