

## **Pluv-Web: um Gateway Científico Orientado a Dados para Análise e Monitoramento de Chuvas na Cidade de Niterói\***

**Fabio Victorino<sup>1</sup>, Annie Amorim<sup>1</sup>, Kaio Pereira<sup>1</sup>, Gabriel Assis<sup>1</sup>,  
Arthur Poustka<sup>1</sup>, Felipe Oliveira<sup>1</sup>, Yuri Frota<sup>1</sup>, Andressa Nemirovsky<sup>2</sup>,  
Nathalia Moura<sup>2</sup>, Aline Paes<sup>1</sup>, Marcos Lage<sup>1</sup>, Daniel de Oliveira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (UFF)

{yuri, alinepaes, mlage, danielcmo}@ic.uff.br

<sup>2</sup>Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia de Niterói

ssdcnit@hotmail.com

**Abstract.** *A fundamental task to be carried out by the government is planning to prevent problems caused by weather events (e.g., landslides, floods, etc.). This planning can be supported by solutions involving areas of Computer Science such as Data Management, Visualization, and Machine Learning. In this demonstration article, we present the scientific gateway Pluv-Web to support the analysis and monitoring of rainfall and weather events in the city of Niterói. Pluv-Web allows for interactive visualization of historical and real-time rainfall data, as well as the identification of floods through camera images and the generation of optimized routes for handling incidents generated by weather events.*

**Resumo.** *Uma tarefa fundamental a ser realizada pelos governos é planejar-se para evitar problemas causados por eventos climáticos extremos (e.g., deslizamentos, cheias, etc). Esse planejamento pode ser apoiado por soluções que envolvem áreas da Computação como Gerência de Dados, Visualização e Aprendizado de Máquina. Neste artigo de demonstração, apresentamos o gateway científico Pluv-Web para apoiar a análise e o monitoramento de chuvas e eventos climáticos na cidade de Niterói. O Pluv-Web permite a visualização interativa de dados históricos e de tempo real de chuvas e de ocorrências de enchentes e deslizamentos, além de identificar inundações por meio de imagens de câmeras e gerar rotas otimizadas para atendimento a ocorrências geradas por eventos climáticos.*

### **1. Introdução**

Os impactos de eventos climáticos podem ser devastadores nas cidades [De Frenne et al. 2021]. Devido ao crescimento desordenado, as cidades tendem a ter uma grande quantidade de residências em áreas de risco e extensas áreas impermeabilizadas, o que comumente dificulta o escoamento da água da chuva em direção aos rios, resultando em eventos como inundações e deslizamentos de terra [Thorndahl and Willems 2008]. Portanto, torna-se uma prioridade para os governos o planejamento antecipado e a resposta efetiva a esses eventos climáticos. Algumas soluções propostas [de Souza et al. 2022] utilizam modelos matemáticos para prever condições climáticas e suas consequências. No

---

\*Video da demonstração da ferramenta disponível em <https://youtu.be/Bi3UIVao3F8>

entanto, modelos de previsão do tempo são computacionalmente caros e impactados por diversas fontes de incerteza, como a representação de fenômenos de escalas distintas e erros numéricos inerentes à sua discretização. Por este motivo, meteorologistas precisam rodar diversas simulações para poder comparar diversos cenários para conseguir previsões mais confiáveis. Tendo em vista este cenário, estratégias alternativas podem ser importantes para complementar os resultados de modelos de previsão do tempo, pois dados históricos de acumulados de chuvas são volumosos e precisam ser analisados levando-se em conta suas componentes espacial e temporal. Uma alternativa nesses casos é utilizar análise visual de dados, algoritmos de otimização e modelos de Aprendizado de Máquinas [Rolnick et al. 2022] para interpretar dados chuva e ocorrências (*e.g.*, deslizamentos, desabamentos, *etc.*), e reagir adequadamente às suas consequências.

Antes que qualquer modelo possa ser gerado automaticamente, existem desafios que precisam ser superados, como a obtenção, integração, tratamento e disponibilização dos dados. Portanto, torna-se uma prioridade o desenvolvimento de ambientes capazes de adquirir e integrar dados que possam ser utilizados pelos usuários para análise e treinamento de modelos. Esses dados podem variar desde índices pluviométricos fornecidos por estações pluviométricas até imagens capturadas por câmeras de trânsito. No entanto, a integração dos dados é desafiadora já que os mesmos são obtidos com múltiplas granularidades, formatos e resoluções. Além disso, mesmo após o tratamento e a integração dos dados, é essencial que o usuário especialista tenha meios de analisá-los. Embora a representação tabular se mostre útil em diversos casos, muitas análises se beneficiam do uso de técnicas de visualização interativa [Diehl et al. 2015], como identificar áreas com altos acumulados de chuva por hora em um mapa de uma determinada região.

Neste artigo, apresentamos o `Pluv-Web`, um *gateway* científico<sup>1</sup> [Pierce et al. 2018] desenvolvido em colaboração com a Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia de Niterói, para análise e monitoramento de chuvas e ocorrências de eventos climáticos. O `Pluv-Web` oferece uma plataforma interativa para visualização de dados de chuvas e ocorrências relacionadas a eventos climáticos, utilizando dados integrados armazenados em um *Data Lakehouse* [Harby and Zulkernine 2022]. No *Data Lakehouse*, os dados estruturados, como índices pluviométricos e agregações, são armazenados em *Data Warehouses* (DW), enquanto os dados não estruturados são mantidos em seus formatos brutos para posterior análise e processamento. Além da análise visual dos dados, o `Pluv-Web` permite ao usuário identificar áreas com inundações por meio de imagens capturadas por câmeras e gerar rotas de atendimento para as equipes da defesa civil, levando em consideração dados de tráfego em tempo real. A estrutura deste artigo é a seguinte: a Seção 2 apresenta o `Pluv-Web`, enquanto a Seção 3 fornece detalhes sobre a demonstração realizada. Por fim, na Seção 4, é concluído o artigo.

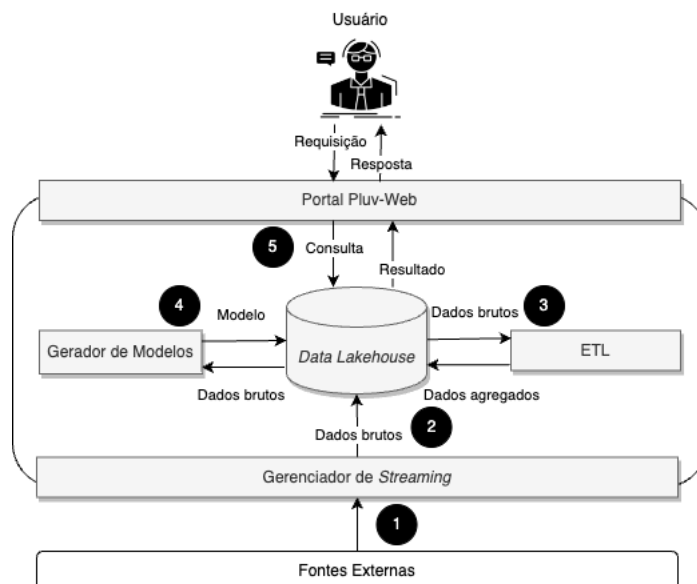
## 2. O *Gateway* Científico `Pluv-Web`

O *gateway* científico `Pluv-Web` tem como objetivo obter dados multimodais (*e.g.*, dados estruturados, imagens) de múltiplas fontes externas e com diferentes granularidades, e integrá-los em um único repositório para posterior análise e uso por parte dos usuários. A arquitetura do `Pluv-Web` é apresentada na Figura 1 e implementa a arquitetura conceitual

---

<sup>1</sup>Um *gateway* científico fornece acesso a recursos avançados para usuários por meio de interfaces simplificadas e amigáveis, que combinam diversos componentes de infraestrutura para apoiar um conjunto específico de aplicações e coleções de dados voltados para uma comunidade específica.

anteriormente proposta [Lage et al. 2022]. A arquitetura é composta de cinco componentes principais: (i) Gerenciador de *Streaming*, (ii) *Data Lakehouse*, (iii) ETL, (iv) Gerador de Modelos, e (v) Portal *Pluv-Web*.



**Figura 1. Arquitetura do Pluv-Web.**

Inicialmente, o componente *Gerenciador de Streaming* obtém os dados de fontes externas como a API da Prefeitura de Niterói que disponibiliza os dados de chuva em tempo real ou do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN - passo ① na Figura 1). O *Gerenciador de Streaming* realiza requisições periódicas a fim de obter os dados mais atualizados disponíveis. Uma vez obtidos, tais dados são armazenados em seu formato bruto no *Data Lakehouse* (passo ②). Após o armazenamento dos dados brutos (e.g., em formato CSV, JSON, MP4, etc.), o componente de *ETL* (*Extract, Transform and Load*) é capaz de carregar os dados e realizar agregações (e.g., soma de índices pluviométricos por região, por data, etc.) de forma a armazená-los em um *Data Mart* dentro do *Data Lakehouse* (passo ③). O *script* que executa o processo de ETL deve ser fornecido pelo usuário. Os dados brutos e pré-agregados podem ser então consumidos pelo componente *Gerador de Modelos* para treinar modelos preditivos ou baseados em técnicas de otimização (passo ④). O componente *Gerador de Modelos* é um *script* definido pelo usuário. O modelo é carregado no *Data Lakehouse* assim que gerado.

O *Portal Pluv-Web* então acessa os dados brutos, pré-agregados e os modelos gerados (passo ⑤) para responder às requisições dos usuários. O *gateway Pluv-Web*, em sua versão atual, provê as funcionalidades de carga, agregação, visualização de dados pluviométricos, visualização de ocorrências e geração de rotas para atendimento de ocorrências. O volume de dados carregados atualmente no sistema é em torno de 6GB de dados estruturados e 20GB de imagens. O *gateway* foi desenvolvido utilizando as linguagens JavaScript e Python. Mais especificamente, a camada de armazenamento e integração foi construída utilizando o *framework Express.js*. O gerenciador de *Streaming* e o componente ETL foram escritos em Python e o *Data Lakehouse*, além dos dados brutos, contém o PostGIS. O *Portal Pluv-Web* foi construído utilizando o *framework Angular* e as bibliotecas *Mapbox* e *Vega-lite* para a construção de mapas e visualizações.

### 3. Demonstração

A demonstração do Pluv-Web seguirá um estudo de caso que utiliza como base dados carregados do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) e de estações pluviométricas da Prefeitura de Niterói no dia 08/04/2019 às 22:45, data e horário em que uma tempestade atingiu a cidade de Niterói. Conforme apresentado na Figura 2, o Pluv-Web calcula o índice acumulado de chuva nos últimos 15 min, 30 min, 1 hora, 6 horas, 12 horas, 24 horas, 48 horas, 72 horas, 96 horas e 1 mês. O usuário é capaz de definir a data e hora-base para a consulta, e visualizar no mapa as estações pluviométricas e os respectivos índices pluviométricos.

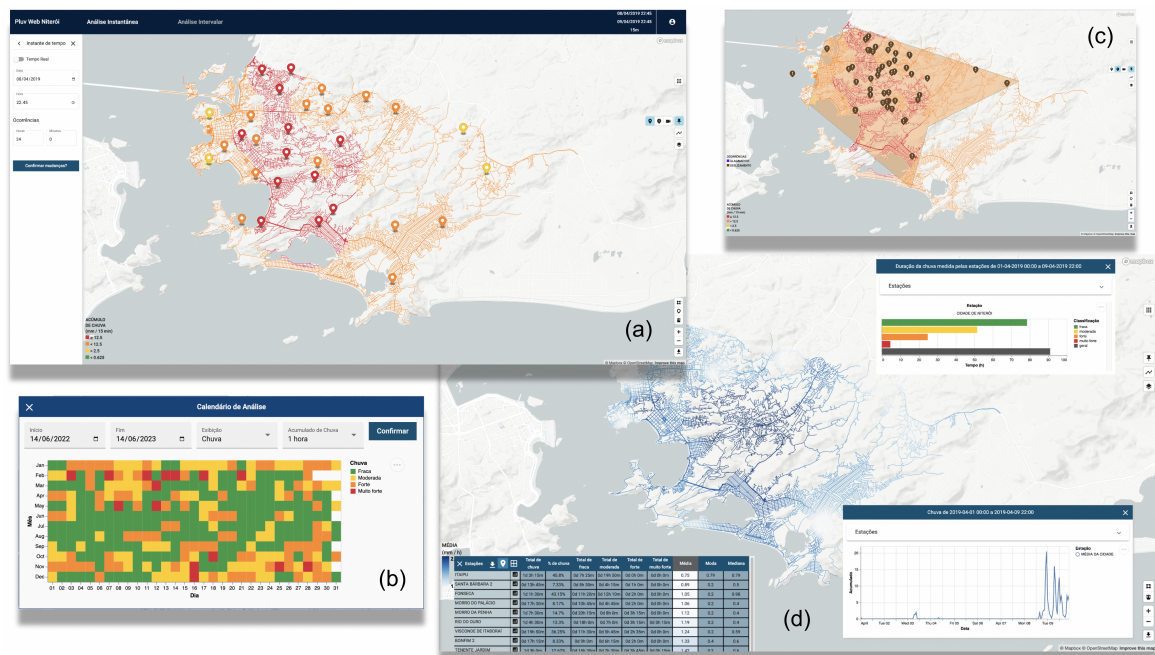


Figura 2. Interface do Pluv-Web.

A interface principal do Pluv-Web é apresentada na Figura 2(a), onde o mapa da cidade de Niterói é visualizado com *pins* marcando a posição de cada estação pluviométrica. A cor do *pin* demonstra a intensidade de chuva (quanto mais vermelho o *pin*, mais intensa foi a chuva em uma determinada data e hora). É importante ressaltar que existem poucas estações espalhadas pela cidade, o que faz com que os dados sejam espacialmente esparsos, logo o Pluv-Web aplica técnicas de interpolação baseadas em distância [Lu and Wong 2008] e por meio dos valores interpolados, define a intensidade de chuva por toda a cidade. Além da visualização dos dados em uma data específica, o usuário pode ainda visualizar o acumulado de chuvas em um intervalo de datas (Figura 2(d)) e em tempo real. Além das estações, os usuários podem visualizar também as ocorrências (*e.g.*, deslizamentos, quedas de barreira) que estão acontecendo (ou já aconteceram no caso de dados históricos) por conta das chuvas.

O Pluv-Web ainda disponibiliza outras facilidades como a busca por dias em que ocorreram chuvas na cidade (Figura 2(b)), onde o usuário é capaz de definir um intervalo de datas, que tipo de chuva e qual valor acumulado ele deseja analisar (*e.g.*, 1 hora, 12 horas, *etc.*). Outra funcionalidade implementada é a geração automática de rotas para atendimento de ocorrências. Na Figura 2(c), os *pins* representam as ocorrências registradas no dia

08/04/2019. O usuário pode então definir uma área de atendimento na interface (polígono irregular laranja sobre o mapa) e marcar os pontos onde as equipes de atendimento se encontram. Considerando a gravidade da ocorrência e o trânsito em tempo real (por meio do uso da API Tom Tom<sup>2</sup>), uma heurística construtiva gera as melhores rotas de forma a atender as ocorrências mais prioritárias no menor tempo possível. Apesar do planejamento da demonstração ser baseado nos dados do dia 08/04/2019, os participantes do SBBD poderão analisar a situação em tempo real, porém sem garantias que haverá chuva ou ocorrências no momento. O `Pluv-Web` se encontra atualmente em processo de homologação pela Defesa Civil de Niterói e pode ser acessado em <http://pdpachuvas.ic.uff.br/3>.

#### 4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Eventos climáticos têm o potencial de causar impactos significativos nas áreas urbanas. A análise dos dados de chuva e suas consequências desempenha um papel crucial para aumentar a capacidade do gestor público de planejar ações preventivas para evitar problemas futuros. No entanto, essa análise pode ser desafiadora devido à necessidade de integrar um grande volume de dados, que são frequentemente heterogêneos, multimodais e apresentados em diferentes granularidades temporais e espaciais. No caso específico dos dados pluviométricos em Niterói, a Prefeitura possui suas próprias estações pluviométricas, mas também importa dados de outras fontes, que oferecem informações em granularidades diversas (*e.g.*, CEMADEN). Além da integração dos dados, é essencial que o gestor público possa realizar análises em tempo real e comparar o cenário atual com cenários passados, tudo isso de maneira visual e interativa.

Neste artigo, apresentamos o *gateway* científico `Pluv-Web`, uma plataforma projetada para ser uma solução integradora de dados provenientes de diversas fontes, além de oferecer recursos analíticos de visualização interativa. Durante a demonstração do `Pluv-Web`, conduzimos um estudo de caso baseado em dados históricos referentes ao dia 08/04/2019, quando Niterói foi atingida por uma tempestade. Os dados utilizados foram integrados a partir das bases de dados da Prefeitura de Niterói e do CEMADEN. As análises realizadas durante o estudo de caso destacaram o potencial do `Pluv-Web`. Entre as melhorias planejadas para trabalhos futuros estão a implementação de mecanismos de alerta com base nos padrões de chuva identificados, bem como um mecanismo para lidar com falhas nos dados de origem, como a identificação de possíveis *outliers* ou o preenchimento de dados ausentes, a fim de aprimorar a qualidade dos dados disponíveis.

#### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem ainda ao CNPq e a FAPERJ.

#### Referências

De Frenne, P., Lenoir, J., Luoto, M., Scheffers, B., et al. (2021). Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*, 27(11):2279–2297.

---

<sup>2</sup><https://developer.tomtom.com/>

<sup>3</sup>O acesso pode ser realizado com o usuário “sbbd@ic.uff.br” senha “sbbd”

- de Souza, C. V. F., da Cunha Luz Barcellos, P., Crissaff, L., Cataldi, M., Miranda, F., and Lage, M. (2022). Visualizing simulation ensembles of extreme weather events. *Computers & Graphics*, 104:162–172.
- Diehl, A., Pelorosso, L., Delrieux, C., Saulo, C., Ruiz, J., Gröller, M. E., and Bruckner, S. (2015). Visual analysis of spatio-temporal data: Applications in weather forecasting. In *Computer Graphics Forum*, number 3 in 34, pages 381–390.
- Harby, A. A. and Zulkernine, F. H. (2022). From data warehouse to lakehouse: A comparative review. In Tsumoto, S., Ohsawa, Y., Chen, L., den Poel, D. V., Hu, X., Motomura, Y., Takagi, T., Wu, L., Xie, Y., Abe, A., and Raghavan, V., editors, *IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2022, Osaka, Japan, December 17-20, 2022*, pages 389–395. IEEE.
- Lage, M., Victorino, F., Moreira, G., Sá, B., Paes, A., Amorim, A., Cholodoysky, D., Pereira, K., Assis, G., Poustka, A., Alves, P., Nemirovsky, A., Moura, N., and de Oliveira, D. (2022). @weathernit: uma plataforma orientada a dados para monitoramento de chuvas e ocorrências de eventos climáticos. In *Anais Estendidos do XXXVII Simpósio Brasileiro de Bancos de Dados*, pages 209–214, Búzios, RJ. SBC.
- Lu, G. Y. and Wong, D. W. (2008). An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers & geosciences*, 34(9):1044–1055.
- Pierce, M. E., Miller, M. A., Brookes, E. H., Wong, M., Liu, Y., Afgan, E., Gesing, S., Dahan, M., Marru, S., and Walker, T. (2018). Towards a science gateway reference architecture. In Atkinson, M. P. and Gesing, S., editors, *Proceedings of the 10th International Workshop on Science Gateways, Edinburgh, Scotland, UK, 13-15 June, 2018*, volume 2357 of *CEUR Workshop Proceedings*. CEUR-WS.org.
- Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., Lacoste, A., Sankaran, K., et al. (2022). Tackling climate change with machine learning. *ACM Comput. Surv.*, 55(2).
- Thorndahl, S. and Willems, P. (2008). Probabilistic modelling of overflow, surcharge and flooding in urban drainage using the first-order reliability method and parameterization of local rain series. *Water Research*, 42(1):455–466.