

## **XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **PLATAFORMA WEBGIS PARA VISUALIZAÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS OBSERVADOS E SIMULADOS NA AMÉRICA DO SUL**

*Matheus Sampaio Medeiros<sup>1</sup> ; Leonardo Laipelt dos Santos<sup>2</sup>; Rodrigo Cauduro Dias de Paiva<sup>3</sup>;  
Ayan Santos Fleischmann<sup>4</sup> & Vinicius Siqueira<sup>5</sup>.*

**RESUMO** – A integração de modelos de simulação hidrológicas, que possibilitam simular e prever os fluxos d'água em uma bacia hidrográfica, em conjunto com dados espaciais (WebGIS) para a disponibilização de resultados na internet podem ser uma ferramenta poderosa para a tomada de decisões, não só por parte de órgãos públicos, que são responsáveis pela correta gestão dos recursos hídricos, mas também pela comunidade em geral. O presente trabalho apresenta um sistema de integração dessas duas poderosas ferramentas de engenharia (modelagem hidrológica e WebGis) a fim de facilitar a utilização de dados hidrológicos em bacias hidrográficas da América do sul.

**ABSTRACT**– The integration of hydrological simulation models, which make it possible to simulate and predict water flows in a river basin, along with spatial data (WebGIS) to provide results on the internet can be a powerful tool for decision making, not only by public agency, which are responsible for the correct management of water resources, but also for all community. The main goal is present a system of integration of these two powerful engineering tools (hydrological modeling and WebGis) in order to facilitate the use of hydrological data in hydrographic basins of South America.

**Palavras-Chave** – América do Sul, Webgis, MGB

### **INTRODUÇÃO**

Para a adequada gestão dos recursos hídricos e mitigação de impactos negativos de desastres hidrológicos, como as recentes cheias e secas extremas observadas nacionalmente, é necessário a compreensão detalhada dos processos físicos envolvidos no ciclo da água.

Uma ferramenta muito utilizada para o estudo e em projetos de engenharia, ligados a recursos hídricos, são os modelos de simulação hidrológica, que possibilitam simular e prever fluxos d'água em uma bacia hidrográfica, através de um conjunto de equações físicas e matemáticas. Um exemplo deste tipo de modelo, que vem sendo muito utilizado em bacias da América do Sul, é o MGB (Collischonn et al., 2007, Pontes et al., 2017).

A bacia hidrográfica é o típico objeto de estudo desses modelos e dependendo da dimensão dessa bacia, os modelos podem ser considerados como locais, regionais e continentais. O projeto

---

<sup>1</sup>) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, matheussampaioedeiros@gmail.com, (51)3308-7511

<sup>2</sup>) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, leolapelt@hotmail.com, (51)3308-7511

<sup>3</sup>) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, rodrigocdpaiva@gmail.com, (51)3308-7511

<sup>4</sup>) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, ayan.fleischmann@gmail.com, (51)3308-7511

<sup>5</sup>) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, vinisiquera@gmail.com, (51)3308-7511

SAMEWATER <<https://www.ufrgs.br/samewater/>> é uma agenda de pesquisa focada na hidrologia da América do Sul, estudos estes que possuem um olhar para o passado, presente (visando às condições atuais e comportamentos típicos), e futuro visando ao manejo de questões hídricas no curto e médio prazo e ações de planejamento no longo prazo (Paiva et al 2017). Atualmente foi desenvolvido um modelo em escala continental, que viabiliza a modelagem integrada dos rios inseridos no território da América do Sul (Siqueira et al. 2018).

Nesse contexto, informações hidrológicas veiculadas a partir de dados espaciais (WebGIS) para a disponibilização na internet podem ser uma ferramenta poderosa para a tomada de decisões, não só por parte de órgãos públicos, que são responsáveis pela correta gestão dos recursos hídricos, mas também pela sociedade e/ou comunidade acadêmica que queira analisar resultados de vazões de determinada bacia hidrográfica.

Atualmente existem diversas plataformas de webgis no brasil e no mundo, para visualização de dados hidrológicos observados e também com informações de simulação hidrológica, como a plataforma Hidro Web da Agencia Nacional de Águas - ANA <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb>>, que fornece dados observados para todo o Brasil e o Latin American Flood and Drought Monitor da Princeton Climate Analytics - PCA <<https://platform.princetonclimate.com>>, que simula mais de 20 variáveis meteorológicas e hidrológicas diferentes. No entanto, alguns desses sites tem limitações didáticas e as informações são geradas, muitas vezes, por modelos que não tiveram nenhuma calibração, o que os torna dispensável em algumas aplicações.

Este trabalho objetiva facilitar a utilização e visualização de dados hidrológicos, em bacias hidrográficas da América do sul, tanto por caráter transfronteiriço dos rios, cujo os dados não são compartilhados pelos países, quanto pela falta de monitoramento, as vezes por serem locais de difícil acesso ou grandes áreas.

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho é a América do sul (Figura 1), continente drenado por alguns dos maiores rios do mundo, em termos de vazão média anual e/ou área de drenagem. Dentre eles estão o Prata com aproximadamente 3 milhões de km<sup>2</sup>, o Amazonas com aproximadamente 5,92 milhões de km<sup>2</sup> e o Paraná com aproximadamente 2,5 milhões de km<sup>2</sup>. Além de possuir grandes bacias hidrográficas, o território sul americano se estende por cerca de 17.800.000 km<sup>2</sup> e representa 14% da massa continental terrestre (García e Mechoso, 2005).



Figura 1 – Mapa da América do Sul

## METODOLOGIA

### MGB (Modelo de Grandes Bacias)

O modelo MGB (Modelo de Grandes Bacias) foi utilizado para as simulações das bacias hidrográficas. Tal modelo, desenvolvido por Collischonn et al. (2007), tem o propósito de representar processos hidrológicos em grandes bacias através de equações físicas e matemáticas. O modelo é integrado às plataformas de SIG (Sistema de Informação Geográfica): MapWindow GIS (Fan e Collischonn, 2014) e Quantum GIS, o que facilita e fornece maior precisão aos trabalhos realizados. O modelo hidrológico-hidrodinâmico desenvolvido na agenda SAMEWATER, permite fazer simulações de todas as bacias hidrográficas da América do sul, a partir do acoplamento do modelo MGB a um módulo de propagação inercial local, método implementado por Pontes et al. (2015).

A simulação da América do Sul utilizada aqui foi realizada para o período de 1990 a 2010 e descrita por Siqueira *et. al.* 2018. De modo geral, os resultados obtidos se mostraram razoáveis para escala continental, observando que é possível simular o comportamento dos principais rios da América do Sul em um único modelo hidrológico.

### WebGIS (Web Geographical Information System)

A representação de informações utilizando plataformas de SIG, as quais são baseadas em ambientes desktop, adquiriu novos patamares com o desenvolvimento da internet, sendo agora

possível a apresentação e manipulação de produtos SIG através da web, atribuindo, assim, a essa funcionalidade a terminologia WebGIS (Web Geographical Information System).

Com a ascensão das linguagens webs de programação (HTML5, JavaScript, PHP e etc), além do seu fácil acesso a usuários interessados em interagir e produzir conteúdo, desenvolveu-se diversas ferramentas para as mais variadas aplicações. Analisando a área de WebGIS, uma das bibliotecas de javascript mais utilizadas para tais aplicações é a Leaflet (versão atual: 1.4.0), uma ferramenta de visualização e manipulação de mapas *open source*. Tal biblioteca será utilizada para apresentar os resultados do modelo MGB. Além disso, uma das diferentes características, se compararmos plataformas desktop, está no formato dos arquivos de mapas. A representação é feita através do formato GeoJSON, o qual se trata de uma variação do formato JSON (*JavaScript Object Notation*) utilizado para trocas eficientes de informações entre bancos de dados, sendo o GeoJSON modelo específico para informações de geolocalização para representante de pontos, linhas e polígonos de uma forma relativamente leve.

Para a apresentação dos hidrogramas referentes às bacias hidrográficas, será utilizado a biblioteca Google Charts. A empresa Google é reconhecida mundialmente pelos seus serviços web, e a mesma disponibiliza diversos produtos na área, sendo o produto Google Chart (versão atual: Outubro/18) destinado à elaboração de gráficos interativos das informações apresentadas, possibilitando o *download* do gráfico exibido.

A integração dos resultados obtidos no SAMEWATER com um sistema WebGis foi feito de forma a utilizar softwares livres e de código aberto. Para a edição do código, foi utilizado o software de edição de códigos Brackets (versão atual: 1.14). Já para o mapa a ser utilizado de fundo no Leaflet, foi utilizado o produto do OpenStreetMap que é um projeto de produção colaborativa de dados geoespaciais abertos, qualquer pessoa pode editar o mapa e os dados são redistribuídos sob a licença Open Data Commons Open Database License (ODbL) pela Fundação OpenStreetMap (OSMF).

## RESULTADOS

A Figura 2 mostra o layout da ferramenta de WebGis, representando a base de fundo em imagem satélite, juntamente com o logo da agenda SAMEWATER (South American Water Initiative) no cabeçalho da página e do grupo de pesquisas ao qual foi desenvolvido, HGE (Hidrologia em Grande), no rodapé. A caixa de texto à direita do mapa, permite que o usuário escolha uma variável que deseja analisar.





Figura 2 – Interface e layout da ferramenta webgis.

Escolhendo a opção “Sensibilidade média de vazões” o mapa apresenta uma rede de drenagem com cores, de verde a vermelho, apresentado na Figura 3, cujos resultados mostram cenários de alteração de chuva no modelo integrado das bacias da América do Sul (Siqueira et al. 2017). Calculou-se a sensibilidade média da vazão em cada trecho dessas bacias e classificou-se conforme indicado na legenda (Steinke et al. 2017).



Figura 3 – Rede de drenagem, opção “Sensibilidade média de vazões” ativa

Escolhendo a opção “vazões” (figura 4), é mostrado a rede de drenagem em azul, sendo a espessura da linha, classificada de acordo com a área de drenagem do trecho do rio, em que as linhas mais grossas possuem maior área de drenagem. Também foi possível classificar, em tons de azul as vazões médias em cada trecho, conforme indicado na legenda.

Nessa opção é possível clicar em um determinado trecho de rio e ver o hidrograma calculado pelo modelo, (no período 1990 a 2010) para aquela minibacia.



Figura 4 – Rede de drenagem, opção “Vazão” ativa

A fim de representar os resultados no presente trabalho, a figura 5, mostra o rio Uruguai no Rio Grande do Sul, com zoom buscando mostrar a cidade de Uruguai - RS.

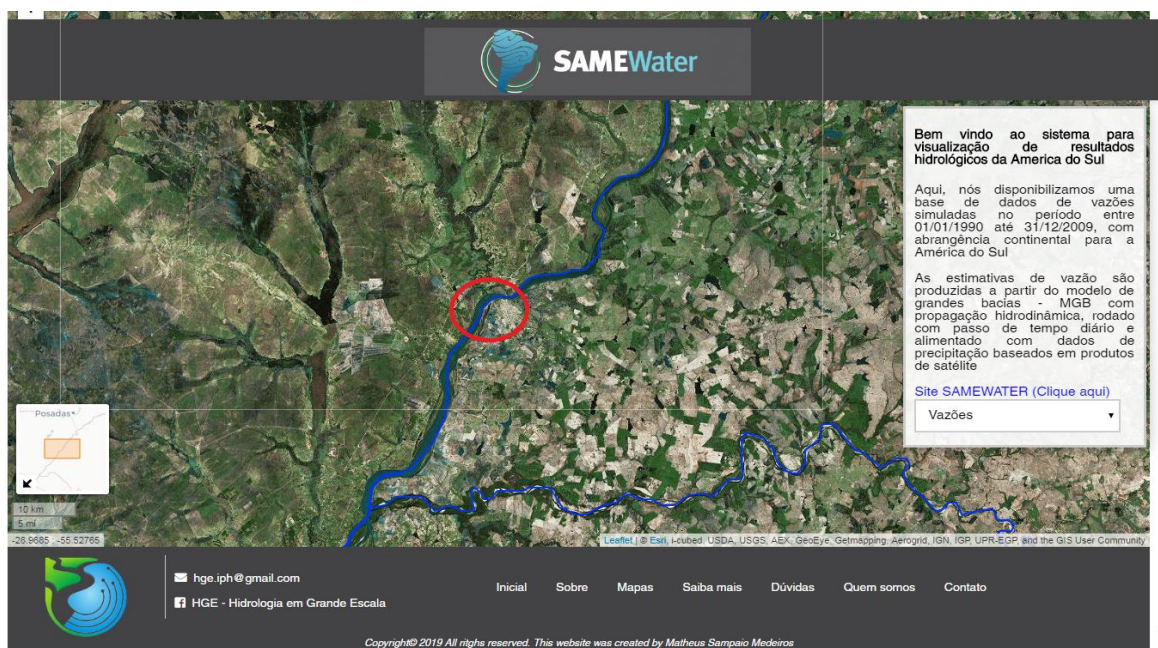


Figura 5 – Zoom realizado no mapa a fim de buscar um trecho do Rio Uruguai.

Clicando no rio escolhido, abre-se a janela de visualização dos resultados, figura 6, que apresenta uma série de informações relevantes, tais como: vazão média anual, área de drenagem d a bacia na qual o trecho do rio está inserido. Além disso, é mostrado a representação gráfica da variação



de vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) ao longo do tempo (em escala diária) do período de simulação. Outra ferramenta disponível nesta janela, é o download da figura do hidrograma em formato \*.PNG.

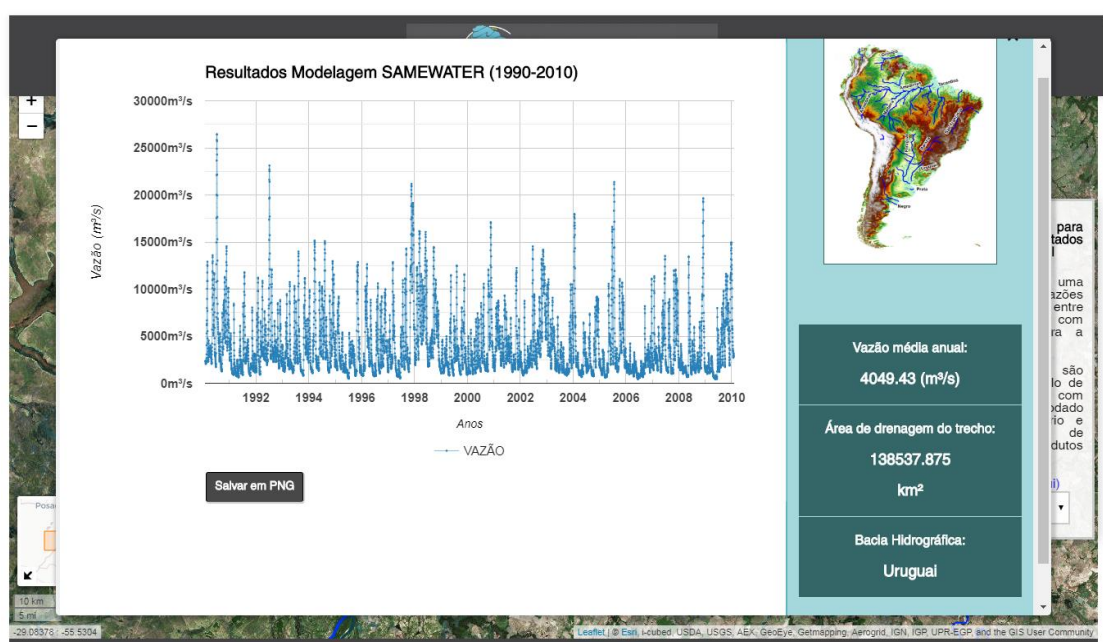


Figura 6 – Janela de visualização dos resultados.

A figura 7, mostra hidrogramas gerados pela plataforma para alguns rios da América do sul. Por ainda estar em desenvolvimento, a plataforma disponibiliza apenas dados de vazão simulados pelo modelo MGB e sua sensibilidade média de vazão, como descrito anteriormente.

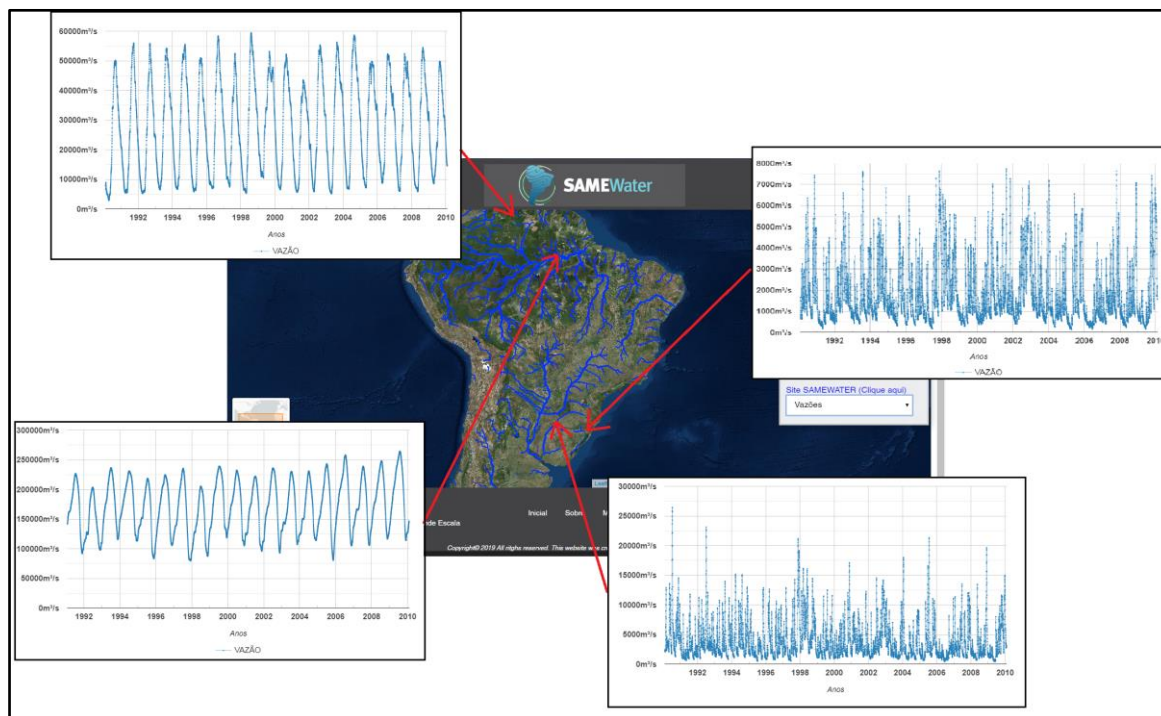


Figura 7 – Hidrogramas de diversos rios na América do sul.

## CONCLUSÕES

No presente estudo, mostrou-se que a ferramenta desenvolvida apresenta potencialidade para divulgação de resultados hidrológicos, auxiliando a diminuir a lacuna entre desenvolvimento científico e a sociedade em geral.

Uma possível aplicação, na área educacional, seria a facilidade em que professores de hidrologia, poderiam apresentar aos seus alunos, os diferentes hidrogramas que os rios da América do Sul possuem (Figura 7), destacando suas variações em termos de vazão diária, mensal e anual. Essa estratégia didática deixaria o estudo na área de recursos hídricos mais atrativos aos olhos dos alunos, que poderiam em seus próprios desktops, visualizar as informações de diferentes bacias hidrográficas.

É importante destacar, também, que esta plataforma e a utilização dela, pode ser útil para gestores públicos, ONGs, organizações supranacionais e empresas. Além disso, existe uma relevância para outros estudos científicos podendo haver a integração com outros pesquisadores e hidrólogos atuantes na hidrologia da América do sul.

Este é um passo inicial para construir um sistema de integração de informações, permitindo que produtos de estudos em desenvolvimento também venham a ser incorporados futuramente, tais como:

- Estimativa de efeitos de mudanças climáticas em bacias da América do Sul;
- Visualização de vazões simuladas em tempo real ou previstas para diferentes horizontes de previsão (curto e médio prazos, previsões sub-sazonais ou sazonais);
- Mapas de inundação em escala continental;
- Divulgação de trabalhos na área de modelagem hidrológica no contexto do modelo MGB e suas aplicações na América do Sul, inserindo artigos no sistema webgis, para cada região hidrográfica;
- Abrir para outros grupos de pesquisas/interessados coloquem também seus dados.
- Inserir o desempenho do modelo baseado em dados observados



## REFERÊNCIAS

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; DA SILVA, B.C.; TUCCI, C.E.M. (2007). “*The MGB model for large-scale rainfall-runoff modelling. Hydrological Sciences Journal*”, v. 52, n. 5, pp. 878- 895.

GARCIA , N. O.; MECHOSO, C. R. (2005). “*Variability in the discharge of South American rivers and in climate*”. *Hydrological Sciences Journal*, v.50, n.3. pp. 459-478.

PAIVA, R.C.D.; COLLISCHONN, W.; FAN, F. M.; SIQUEIRA, V.A.; FLEISCHMANN, A.S.; RUHOFF, A. L.; CORRÊA, S.; SORRIBAS, M.; GONDIM, G.; BRÊDA, J. P. L. F.; BRAVO, J.M.; JARDIM, P. SAMEWATER: “*Uma agenda de pesquisa integrada da hidrologia da América do Sul*”, in Anais XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis. Porto Alegre, Nov. 2017.

SIQUEIRA, VINÍCIUS A.; PAIVA, RODRIGO C. D.; FLEISCHMANN, AYAN S.; FAN, FERNANDO M.; RUHOFF, ANDERSON L.; PONTES, PAULO R. M.; PARIS, ADRIEN; CALMANT, STÉPHANE; COLLISCHONN, WALTER. “*Toward continental hydrologic-hydrodynamic modeling in South America*”. *HYDROLOGY AND EARTH SYSTEM SCIENCES*, v. 22, p. 4815-4842, 2018.

STEINK, E.B.;PAIVA, R.C.D.; SIQUEIRA, V.A.; FLEISCHMANN, A.S.; BRÊDA, J. P. L. F.; COLLISCHONN, W. “*Análise de Sensibilidade da Evapotranspiração e Vazão à Variabilidade Climática na América do Sul Através de Modelagem Hidrológica*” in Anais XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis. Porto Alegre, Nov. 2017