

## XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### SACCI: PLATAFORMA ONLINE PARA A VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AMÉRICA DO SUL

*Pedro Torres Miranda*<sup>1</sup>; *João Paulo Lyra Fialho Brêda*<sup>2</sup>; *Gustavo Gabbardo dos Reis*<sup>3</sup> & *Rodrigo  
Cauduro Dias de Paiva*<sup>4</sup>

**Palavras-Chave** – Mudanças climáticas, América do Sul, *WebGIS*

#### RESUMO

A área de recursos hídricos pode se beneficiar com o crescente número de estudos sobre impactos de mudanças climáticas na hidrologia. Contudo, o uso de resultados de artigos científicos pode ser difícil, devido ao acesso e à compreensão do documento. Sendo assim, criar métodos que facilitem o uso de evidências científicas em tomadas de decisão se torna de grande importância. Tendo isso em vista, criou-se uma plataforma *online* para a visualização possíveis impactos de mudanças climáticas descritos por Brêda *et al.* (2020): SACCI – *South America Climate Change Impacts* – (<https://sacci.herokuapp.com/>). Essa aplicação mostra de maneira simples e interativa as possíveis alterações de variáveis do balanço hídrico terrestre na América do Sul: *Escoamento*, *Evapotranspiração*, *Índice de Aridez*, *Precipitação* e *Vazão*. O *website* conta com explicações diretas sobre os fenômenos mostrados, facilitando a obtenção e o uso das informações pelo público geral e tomadores de decisão.

#### ABSTRACT

Water resources field can benefit from the increasing number of studies regarding climate change impacts on hydrology. However, it can be difficult to use results from scientific articles, due to its limited access and comprehension from general public. Therefore, creating methods that favor scientific evidence usage in decision making is of great importance. SACCI – *South America Climate Change Impacts* – (<https://sacci.herokuapp.com/>) was created to fulfill this purpose. It is an online platform that shows possible climate change impacts on South America's water budget obtained by Brêda *et al.* (2020). The application displays in a simple and interactive way alterations in the following mean water balance's variables in South America: *Runoff*, *Evapotranspiration*, *Aridity Index*, *Precipitation* and *Discharge*. The website contains direct explanations regarding the showed phenomena, facilitating obtainment and usage of these information by general public and decision makers.

---

1) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, [pedrotorresm121@gmail.com](mailto:pedrotorresm121@gmail.com)

2) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, [joaopaulofb@gmail.com](mailto:joaopaulofb@gmail.com)

3) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, [gustavogabbardo@hotmail.com](mailto:gustavogabbardo@hotmail.com)

4) IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, [rodrigo.paiva@ufrgs.br](mailto:rodrigo.paiva@ufrgs.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Os modelos climáticos globais (GCMs) são a principal forma de estimar os possíveis impactos de mudanças climáticas na atmosfera terrestre. Na avaliação desses efeitos sobre a hidrologia, pode-se utilizar os resultados dessas simulações como dados de entrada em modelos hidrológicos que levam aspectos meteorológicos e climatológicos em consideração. Brêda *et al.* (2020) fez isso para dois cenários climáticos distintos (RCP 4.5 e RCP 8.5) ao final do século XXI, utilizando o modelo hidrológico e hidrodinâmico Modelo de Grandes Bacias em escala continental (MGB-SA), que representa os principais rios da América do Sul. Os índices dos cenários representam o acréscimo radiativo na atmosfera em  $W/m^2$  ao final do século XXI em um caso de políticas de emissão de gases do efeito estufa (GHG) brandas e em um caso sem políticas de emissão de gases de efeito estufa. A avaliação do estudo se deu sobre variáveis climatológicas e hidrológicas médias, tais como evapotranspiração, precipitação, índice de aridez e vazão.

Os recursos hídricos têm grande importância socioeconômica na América do Sul, e sua gestão exige planejamentos a longo prazo. Com a crescente preocupação com os possíveis impactos que mudanças climáticas podem exercer sobre a hidrologia do continente, o setor deve buscar se beneficiar de estudos científicos acerca do tema. Sabendo da importância de conhecer possíveis condições futuras do balanço hídrico terrestre, deve-se buscar facilitar a disseminação dessas evidências científicas dentre os tomadores de decisão. Uma forma de diminuir a distância entre academia e gestão é a divulgação de resultados por meios que tenham linguagem acessível ao público geral. Na área de sensoriamento remoto, uma ferramenta utilizada para interações ágeis e intuitivas é o *WebGIS*, que é a utilização de mapas interativos *online*.

Reis *et al.* (2020) criaram uma ferramenta de monitoramento diário de vazão nos principais rios da América do Sul chamada SARDIM – *South America River Discharge Monitor* – (<http://sardim.herokuapp.com/>), mostrando estatísticas como permanência e o tempo de retorno da vazão. O *website* disponibiliza informações técnicas de forma clara e objetiva, além de contar com um suporte didático, possibilitando a interpretação pelo público geral.

Para mostrar os resultados obtidos nesse estudo de impactos de mudanças climáticas no balanço hídrico da América do Sul, criou-se uma plataforma *WebGIS* denominada SACCI (*South America Climate Change Impacts*). O presente artigo visa mostrar componentes do site e suas funcionalidades, de forma que o usuário final tenha conhecimento do estudo durante o uso.

## 2. OBJETIVO

Com o intuito de aproximar evidências científicas acerca dos impactos de mudanças climáticas dos tomadores de decisão, criou-se a plataforma SACCI (<https://sacci.herokuapp.com/>), que mostra os principais resultados obtidos por Brêda *et al.* (2020) para a América do Sul ao final do século XXI. O presente artigo tem como objetivo mostrar os principais aspectos e funcionalidades da plataforma.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Modelo hidrológico e hidrodinâmico (MGB-SA)

Para a avaliação dos impactos de mudanças climáticas na América do Sul, Brêda *et al.* (2020) utilizaram o modelo hidrológico e hidrodinâmico MGB-SA (Siqueira *et al.*, 2018), que representa a rede hídrica do continente sul-americano com uma área de drenagem igual ou superior a 1.000  $km^2$  (devido à resolução de dados do conjunto de GCMs, foi utilizada uma área de drenagem mínima de 10.000  $km^2$ ). O modelo é discretizado por minibacias incrementais para cada trecho de

aproximadamente 15 km de extensão. Essas áreas ainda são discretizadas por Unidades de Resposta Hidrológica (URHs), definidas por características homogêneas de tipo de solo, relevo e cobertura e uso do solo. O balanço hídrico é realizado para cada uma dessas regiões, e então, propagado à jusante. As saídas do modelo são a vazão, o armazenamento terrestre de água e a evapotranspiração para todo o domínio da América do Sul.

### 3.2. Impactos de mudanças climáticas na América do Sul (SACCI)

No estudo de Brêda *et al.* (2020), avaliou-se os impactos de mudanças climáticas ao final do século XXI utilizando um conjunto de 25 GCMs da CMIP5 para dois cenários (RCP 4.5 e RCP 8.5). Os índices 4.5 e 8.5 representam o acréscimo radiativo, em  $W/m^2$ , ao final do século XXI, em comparação à era pré-industrial e correspondem respectivamente a cenários com políticas reguladoras de emissões de GHG e sem políticas reguladoras dessas emissões.

Foram avaliadas tendências entre um período de referência (1986-2005) e um período futuro (2081-2100) para os valores médios das seguintes variáveis: *Escoamento*, *Evapotranspiração*, *Índice de Aridez*, *Precipitação* e *Vazão*. Também foi avaliada a concordância entre os GCMs para a vazão e a precipitação, mostrando onde os modelos concordavam com uma tendência positiva ou negativa, ou onde não havia convergência entre as estimativas. Além da determinação da alteração média das variáveis, foi feita uma análise de alterações significativas estatisticamente, através do Teste t de Student para um intervalo de confiança de 95 %, considerando a incerteza dos modelos climáticos e hidrológico e a variabilidade do período presente.

O estudo mostrou tendências negativas na maior parte do continente, e mais expressivas do que as positivas. A Bacia Uruguai foi a única que mostrou trechos com tendência positiva significativa estatisticamente. Quanto a valores negativos, as bacias Orinoco, Tocantins e Madeira apresentaram um decréscimo entre 10 e 20 % no cenário mais severo (RCP 8.5), já as bacias Tapajós, Xingu e Purus, apresentaram um decréscimo de mais de 29 % para o mesmo cenário. Para a simulação mais branda (RCP 4.5) o sinal das alterações se manteve, contudo, com valores menores.

### 3.3. Desenvolvimento da plataforma WebGIS

A elaboração da aplicação *WebGIS* se deu pelas ferramentas de desenvolvimento web *HTML 5* e de formatação *CSS* e pela linguagem de programação *JavaScript*. Esses componentes são responsáveis pelas seguintes funções do site, respectivamente: estrutura da página (semântica e distribuição do conteúdo na tela), sua estética (fontes, cores e efeitos) e sua funcionalidade (interatividade com o usuário). Para o desenvolvimento em *JavaScript*, utilizou-se a API (*Application Programming Interface*) fornecida pela companhia *Esri* (<https://developers.arcgis.com/javascript>), o que permite que funções em *JavaScript* acessem funcionalidades e bancos de dados do *ArcGIS*.

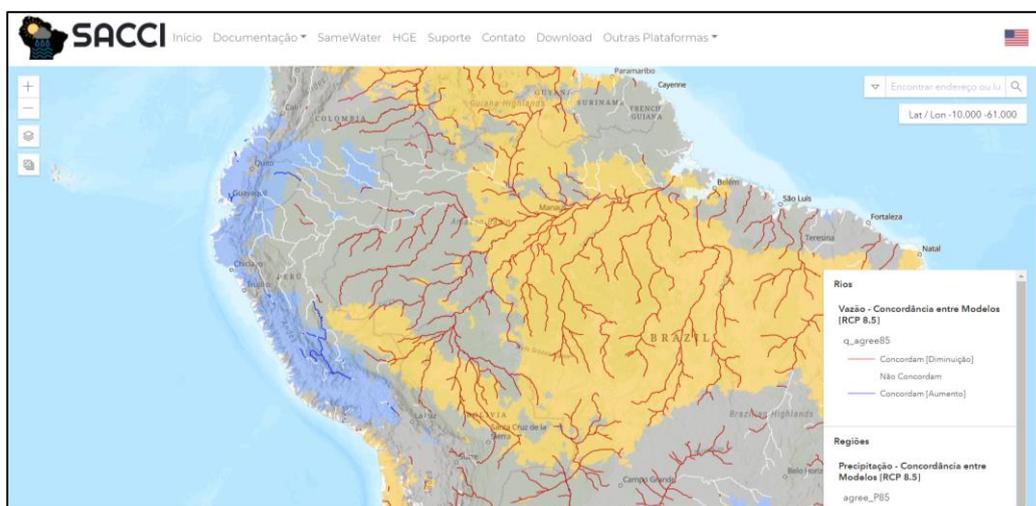
## 4. RESULTADOS

Ao abrir a página, o usuário se depara com um aviso que introduz brevemente o tema do *website*, indicando o artigo de Brêda *et al.* (2020) para um aprofundamento no assunto. Aceitando a responsabilidade pelo uso dos dados, o usuário chega à tela principal. O menu da página conta com as seguintes abas: (i) *Início*, (ii) *Documentação*, (iii) *SameWater*, (iv) *HGE*, (v) *Suporte*, (vi) *Contato*, (vii) *Download* e (viii) *Outras Plataformas*. No canto superior direito há uma bandeira dos Estados Unidos, que leva à versão da página traduzida para o inglês. A Figura 1 mostra a página inicial da plataforma SACCI.

- (i) Leva à página inicial.

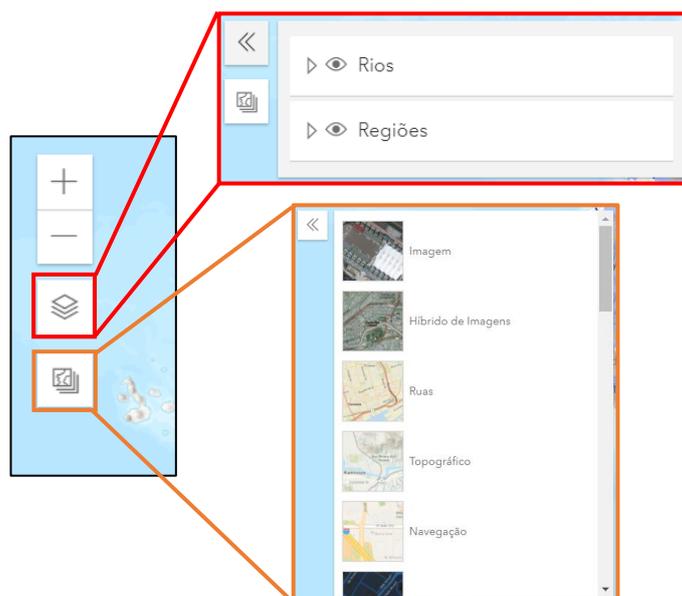
- (ii) Contém *links* para os artigos de Brêda *et al.* (2020) e de Siqueira *et al.* (2018), este mostra a concepção do modelo MGB em escala continental.
- (iii) Leva ao *website* da *SameWater*, uma agenda que visa concentrar e organizar estudos sobre a hidrologia da América do Sul de forma integrada.
- (iv) Leva ao *website* do grupo de pesquisa HGE (IPH-UFRGS).
- (v) Traz uma explicação prática a respeito das variáveis hidrológicas e dos seus respectivos *layers* mostrados na página, além de ensinar sobre as funcionalidades da plataforma.
- (vi) Mostra os colaboradores do projeto.
- (vii) Leva à página de *download* do arquivo shapefile da rede hídrica utilizada no SACCI.
- (viii) Contém links para as plataformas SARDIM (Reis *et al.*, 2020) e SARTS (Medeiros *et al.*, 2019).

Figura 1 – Página inicial da plataforma SACCI (<https://sacci.herokuapp.com/>)



A plataforma mostra os resultados obtidos por Brêda *et al.* (2020) por *layers* que representam a mudança média ou significativa de uma variável hidrológica em um dos cenários futuros (RCP 4.5 ou RCP 8.5); ou ainda a concordância entre GCMs para precipitação ou vazão em um dos cenários futuros. Essa divisão resultou em 4 *layers* para cada uma das variáveis hidrológicas *Escoamento*, *Evapotranspiração* e *Índice de Aridez*, e 6 *layers* para a *Precipitação* e a *Vazão*, totalizando 24 camadas. Essas camadas foram separadas em 2 grupos – *Rios* e *Regiões* – onde se encaixam respectivamente os *layers* de *Vazão*, com simbologia linear, e os *layers* restantes, com representações em área. O mapa apresenta uma legenda no canto direito inferior da tela que é atualizada automaticamente conforme o usuário alterna as camadas, ou ativa/desativa um grupo de *layers* (*Rios* e *Regiões*). A página ainda oferece uma série de mapas base (*Basemaps*) do repositório do *ArcGIS*. A Figura 2 mostra onde essas funcionalidades são acessadas.

Figura 2 – Acesso aos *layers* e aos *basemaps* do SACCI.



Para a visualização de resultados para os trechos de rio, o usuário deve clicar sobre a feição, que fica destacada em azul quando o cursor está sobre ela. Ao clicar, abre-se uma janela *pop-up* com uma tabela mostrando as principais informações daquele trecho de rio: *Código Minibacia*, *Área de Drenagem Acumulada*, *Concordância entre Modelos*, *Mudança Relativa Média* e *Mudança Relativa Significativa*, para os dois cenários considerados no estudo. Os valores de concordância entre modelos variam entre -1 (concordam que há decréscimo na vazão média), 1 (concordam que há acréscimo na vazão média) e 0 (não concordam). Essa síntese de resultados é mostrada na Figura 3. O usuário ainda pode utilizar a barra de pesquisa no canto superior direito para achar um endereço específico para verificar as projeções climáticas no local.

Figura 3 – Janela *pop-up* com síntese de resultados para trechos de rio

Informações - Alteração de Vazão	
Código Minibacia	23213
Área de Drenagem Acumulada [km <sup>2</sup> ]	23228
Concordância entre Modelos - RCP 4.5	-1
Concordância entre Modelos - RCP 8.5	-1
Mudança relativa média - RCP 4.5 [%]	-17
Mudança relativa significativa - RCP 4.5 [%]	-7
Mudança relativa média - RCP 8.5	-31
Mudança relativa significativa - RCP 8.5 [%]	-20

Zoom para 1 de 3

## 5. CONCLUSÕES

Artigos científicos, além de nem sempre serem de fácil acesso ao público geral, contêm uma linguagem extremamente técnica, o que dificulta sua compreensão por pessoas leigas. A proposta de adaptar os resultados de pesquisas acadêmicas a uma linguagem visual, simples e didática e de difundi-los em um ambiente de acesso universal (*World Wide Web*) é de suma importância para diminuir a distância entre a gestão e a academia.

A plataforma SACCI proporciona uma interação intuitiva do usuário. Isso permite que os resultados da pesquisa de projeções climáticas de Brêda *et al.* (2020) sejam acessados de forma simples pelo público geral, dando uma boa noção dos possíveis impactos ambientais na América do Sul ao final do século XXI, mesmo sem se ler o artigo em questão. Além disso, plataformas *online* permitem atualizações rápidas, podendo concentrar resultados de pesquisas futuras, de modo a complementar ou renovar informações. Por essas razões, acredita-se que a plataforma SACCI pode auxiliar a gestão de recursos hídricos nas tomadas de decisão, que devem considerar mudanças climáticas em planejamentos a longo prazo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos à Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPESQ) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelo apoio financeiro prestado a esse projeto. Também agradecemos ao grupo de pesquisa de Hidrologia de Grande Escala (HGE) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH- UFRGS) e a todos que contribuíram de alguma forma para a elaboração do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

BRÊDA, J. P. L. F.; PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W.; BRAVO, J. M.; SIQUEIRA, V. A.; STEINKE, E. B. (2020). “*Climate change impacts on South America water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections*”. *Climatic Change* 159, 503–522 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02667-9>

MEDEIROS, M. S.; SANTOS, L. L.; PAIVA, R. C. D.; FLEISCHMANN, A. S.; SIQUEIRA, V. (2019). “*Plataforma WebGIS para visualização de dados hidrológicos observados e simulados na América do Sul*” in *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Foz do Iguaçu – PR, 2019, <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/107/XXIII-SBRH1185-1-20190516-163509.pdf>

REIS, G. G.; PAIVA, R. C. D.; BRÊDA, J. P. L. F.; MEDEIROS, M. S. (2020). “*SARDIM – Uma plataforma para acompanhamento hidrológico em tempo real dos rios da América do Sul*” in *Anais do II Encontro Nacional de Desastres*, Online, Dez. 2020, <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/133/II-END0082-2-20201211-130403.pdf>.

SIQUEIRA, V. A.; PAIVA, R. C. D.; FLEISCHMANN, A. S.; FAN, F. M.; RUHOFF, A. L.; PONTES, P. R. M.; PARIS, A.; CALMANT, S.; COLLISCHONN, W. (2018). “*Toward continental hydrologic–hydrodynamic modeling in South America*”. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 4815–4842, <https://doi.org/10.5194/hess-22-4815-2018>.