



## Previsão de cenários hidrológicos futuros na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos

**Sabrina Antunes Vieira<sup>1</sup>, Daniela Muller de Quevedo<sup>2</sup>, Daniela Montanari Migliavacca Osório<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Feevale (sah.vieira@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Feevale (danielamq@feevale.br)

<sup>3</sup> Universidade Feevale (danielaosorio@feevale.br)

### Resumo

Diversos estudos estão sendo realizados para prever quais os impactos que as mudanças climáticas podem causar e quais medidas de mitigação poderiam ser tomadas para reduzir estes impactos. Neste contexto, formaram-se grupos de pesquisadores e instituições que realizam previsões quanto à temperatura, precipitação e aumento no nível dos mares. Dentre estes grupos está o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), uma instituição brasileira que divulga informações constantes sobre as mudanças climáticas. O objetivo deste trabalho foi realizar uma previsão de cenários hidrológicos para a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos com base nas projeções do PBMC de precipitação e temperatura para a região sul da Mata Atlântica. Para tanto, utilizou-se um banco de dados hidrometeorológicos da bacia hidrográfica em questão entre os anos de 1985 a 2015 para possibilitar a previsão de vazão e também para realizar comparações entre o estado atual e os possíveis cenários futuros. Observou-se previsão de aumento de todas as variáveis do estudo para os próximos anos, mostrando que o aumento da temperatura causada pelas mudanças climáticas pode estar afetando a precipitação e consequentemente, a vazão da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Mudanças climáticas. Previsão de cenários.

Área Temática: Recursos hídricos.

## Prediction of future hydrological scenarios in the Sinos River watershed

### Abstract

*Several studies are underway to predict what impacts climate change can cause and what mitigation measures could be taken to reduce these impacts. In this context, groups of researchers and institutions were formed that forecast the temperature, precipitation and increase in sea level. Among these groups is the Brazilian Panel of Climate Change (PBMC), a Brazilian institution that disseminates constant information on climate change. The objective of this work was to perform a prediction of hydrological scenarios for the Sinos River watershed based on the precipitation and temperature PBMC projections for the southern region of the Atlantic Forest. A hydrometeorological database was used for this purpose between 1985 and 2015 to allow prediction of flow and also to compare current conditions and possible future scenarios. It was observed a forecast of increase of all the variables of the study for the next years, showing that the temperature increase caused by the climatic changes may be affecting the precipitation and, consequently, the flow of the Sinos River watershed.*

*Key words:* Watershed. Climate change. Prediction of scenarios.

*Theme Area:* Water resources.



## 1 Introdução

Em 1988 foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que define mudança climática como uma mudança qualquer no clima durante certo período de tempo, sendo esta devido a uma variação natural ou a uma interferência antrópica. Desde então, esta instituição tem publicado relatórios divulgando as consequências que as mudanças climáticas podem causar em todo o globo.

Dentre as consequências do aumento na temperatura estão o aumento no nível médio dos mares, através do aceleramento do derretimento das calotas polares, ocorrência cada vez mais frequente de fenômenos extremos como secas e inundações, temporais, vendavais, calores intensos, dentre outros. Os recursos hídricos também serão afetados pelas mudanças climáticas, sendo previsto um aumento de dias quentes, afetando o regime pluviométrico e a vazão dos rios (HERRING et al., 2016; MARENKO et al., 2011).

O cenário de impacto nos recursos hídricos irá variar de acordo com a região. No Brasil, por exemplo, a tendência é de que as precipitações aumentem na região Sul e diminuam nas regiões Norte e Nordeste (MARENKO, 2008). Isto acarretará em uma mudança nas vazões dos rios destas regiões, e estas foram projetadas em um estudo realizado por Milly et al. (2005) através de mudança relativa das vazões nos rios da América do Sul para o período de 1979-2000 e para o período de 2041-2060. As projeções indicaram aumentos de até 40% nas vazões na região Sul do Brasil e redução de até 20% nas vazões na região nordeste.

Muitas dessas consequências já têm sido observadas. De acordo com Guha-Sapir, Hoyos e Below (2016), em um levantamento realizado para o Centro de Pesquisa em Epidemiologia e Desastres (CRED), no ano de 2015 foram registrados 376 desastres naturais em todo o mundo e, apesar de abaixo da média dos anos de 2005-2014 (380), apresentou uma alta quantidade de desastres climatológicos e meteorológicos, sendo o maior número de desastres climatológicos desde 2005.

Neste levantamento os desastres foram divididos em quatro categorias, sendo elas: climatológicos (secas e incêndios naturais), geofísicos (terremotos/tsunamis, atividades vulcânicas e movimentos de massa de origem geológica), hidrológicos (alagamentos e movimentos de massa de origem hidrológica) e meteorológicos (tempestades e temperaturas extremas). Foram contabilizados 45 desastres climatológicos, 6 a mais do que a média dos anos de 2005-2014, 127 meteorológicos, 10 a mais do que a média de 2005-2014, 175 hidrológicos e 29 desastres geofísicos. Os continentes que mais apresentaram desastres climatológicos foram a África e as Américas, enquanto que os desastres meteorológicos, hidrológicos e geofísicos ocorreram em maior quantidade na Ásia e Américas (GUHA-SAPIR; HOYOS; BELOW, 2016).

Em muitas regiões do sul de América do Sul observa-se um aumento na frequência de eventos de chuva intensa, que em parte explicam a ocorrência cada vez maior de desastres naturais como deslizamentos de terras e inundações. Enquanto isso, nas áreas secas, como o nordeste brasileiro, espera-se uma salinização e desertificação de terras agrícolas, gerando conflitos pela baixa disponibilidade de água (MARENKO, 2009).

Desta forma, mostra-se a importância em entender como as mudanças do clima poderão impactar a vida no planeta. Os resultados do relatório publicado pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013) alertam para o aumento médio das temperaturas entre 2,5°C e 3,0°C até 2100, na região Sul da Mata Atlântica. Esse aumento pode ser ainda maior se a população e a economia continuarem crescendo rapidamente e se for mantido o consumo intenso dos combustíveis fósseis.

Isto posto, este estudo tem como objetivo realizar uma previsão de cenários hidrológicos para a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos com base nas projeções do PBMC, sendo essencial para que se conheçam as alterações nos padrões de vazão e precipitação na



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

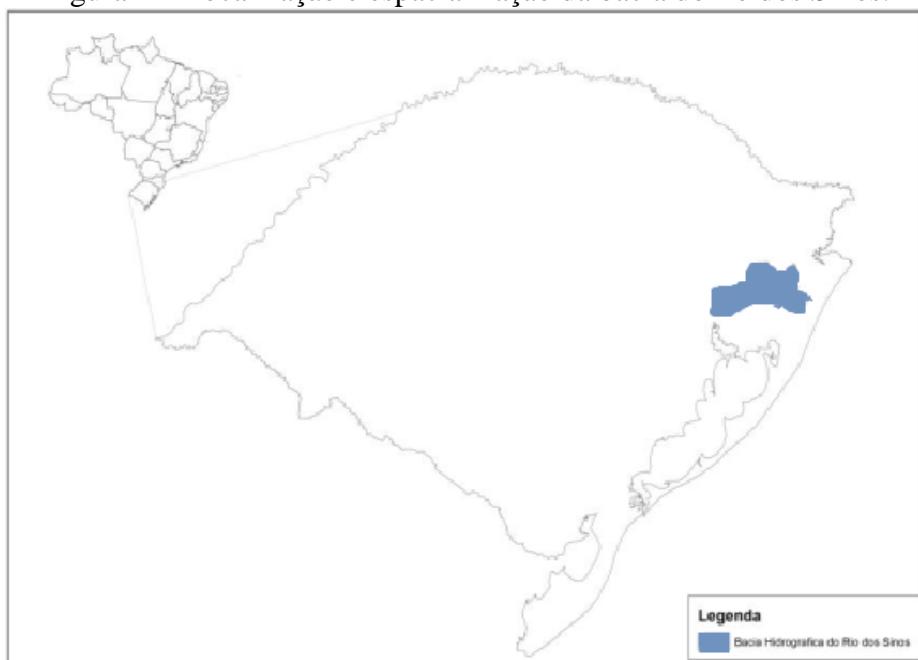
bacia do Rio dos Sinos, alertando-se assim para a necessidade de planejamento futuro para que as necessidades da população ao entorno desta bacia hidrográfica sejam atendidas.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos (Figura 1), que está situada no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, pertencente a região hidrográfica do Guaíba. A bacia possui uma área de aproximadamente 3.700 km<sup>2</sup>, abrangendo 32 municípios, total ou parcialmente, dentre eles Novo Hamburgo, Campo Bom, Canoas, Igrejinha, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Taquara e Três Coroas (MALTCHIK et al., 2010).

Figura 1 – Localização e espacialização da bacia do rio dos Sinos.



### 2.2 Metodologia

Primeiramente utilizou-se um banco de dados de temperatura máxima mensal, precipitação total mensal e vazão máxima mensal da bacia hidrográfica conforme Vieira et al. (2017).

Após aquisição do banco de dados, utilizou-se previsão de precipitação e temperatura para a região em termos de anomalias previstas em relatório publicado pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas indica um aumento na temperatura de 0,5° a 1°C com um aumento de 5% a 10% das chuvas até 2040; 1,5° a 2°C na temperatura e 15% a 20% das chuvas até 2070; e 2,5° e 3°C mais quente e entre 25% a 30% mais chuvoso até 2100 para a região sul da Mata Atlântica.

Como o PBMC realizou uma previsão apenas para os valores de temperatura e precipitação, após aplicar o aumento previsto em termos de porcentagem para a precipitação, fez-se uma análise de regressão pela ANOVA utilizando o software Excel para avaliar como impactaria também na vazão. Com esta análise, obteve-se um valor de coeficiente de regressão, que possibilita estimar o aumento médio da vazão a partir da eq. 1.

$$\bar{X}_{\text{vazão}} = \bar{X}_{\text{precipitação}} \times \text{coeficiente} \quad (\text{eq. 1})$$



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Com as séries de temperatura e precipitação estimadas pelo aumento em termos de porcentagem foi elaborado um gráfico termopluviométrico para comparação das médias mensais do período de 1985-2015 com uma das previsões realizadas (2071-2100). Quanto às séries de vazão, estas foram projetadas com base na equação de regressão (eq.2) da precipitação com a vazão, sendo  $y$  o valor da vazão e  $x$  o valor estimado de precipitação. Com os valores de vazão elaboraram-se as curvas de permanência das séries estimadas.

$$y = 1,1914x + 10,421 \quad (\text{eq. 2})$$

### 3 Resultados e discussões

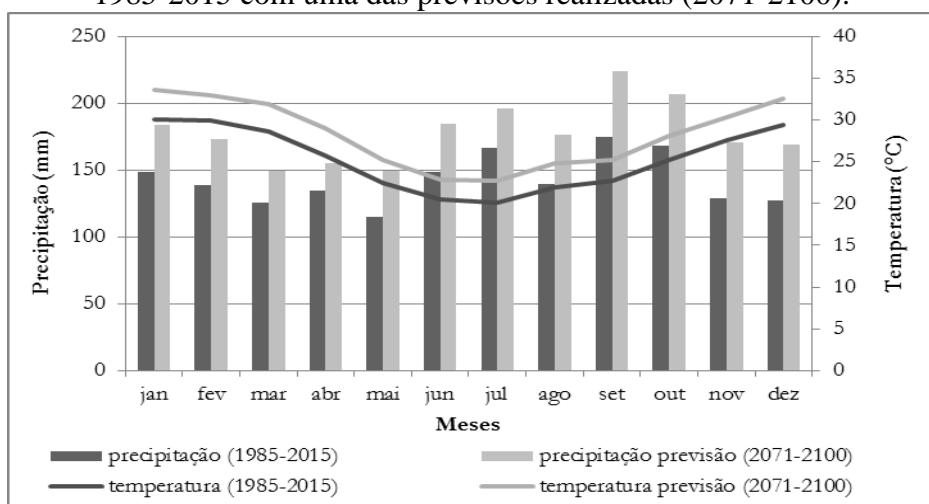
Aplicaram-se os aumentos em porcentagem projetados pelo PBMC nas séries de temperatura e precipitação e, para obter os dados de projeção de vazão, fez-se análise por ANOVA, chegando-se a um coeficiente de regressão de 1,2495 que foi aplicado na eq. 1. Os resultados de previsão de aumento nos dados hidrometeorológicos apresentam-se na tabela 1. Ressalta-se que os valores nas séries de precipitação e vazão representam um aumento na média, quando comparados com as médias das séries dos anos de 1985 a 2015, enquanto que o valor de temperatura representa, de fato, o valor da temperatura máxima média mensal para os próximos anos, sendo que a temperatura média do período de 1985 a 2015 foi de 25,32 °C.

Tabela 1. Previsão de aumento nos dados hidrometeorológicos da bacia do Rio dos Sinos.

Período	Temperatura	Precipitação média	Vazão média
atual-2040	25,82	7,17	8,95
atual-2040	26,32	14,33	17,91
2041-2070	26,82	21,50	26,86
2041-2070	27,32	28,66	35,81
2071-2100	27,82	35,83	44,77
2071-2100	28,32	42,99	53,72

Na Figura 2, apresenta-se uma comparação com as médias climatológicas mensais (temperatura máxima e precipitação total) para o banco de dados (1985-2015) e para uma previsão dos anos de 2071-2100.

Figura 2 – Comparação das médias mensais de precipitação e temperatura entre o período de 1985-2015 com uma das previsões realizadas (2071-2100).

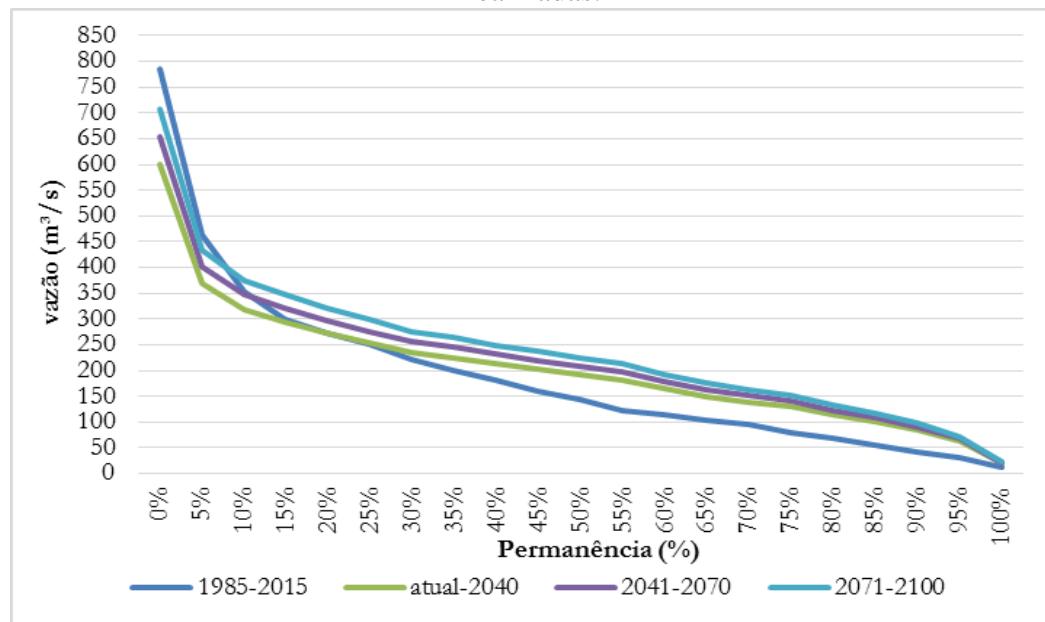




Analisando a Figura 2 percebe-se que, apesar do comportamento da precipitação e da temperatura se manterem semelhantes no decorrer do ano, as médias mensais tendem a aumentar consideravelmente, principalmente nos meses mais chuvosos, com um volume maior de precipitação e com temperaturas máximas mensais maiores, o que leva a temperaturas maiores também nos meses de inverno.

A Figura 3 apresenta uma comparação entre a curva de permanência gerada pelos dados adquiridos dos anos de 1985 a 2015, com as curvas de permanência geradas pela previsão realizada com base no relatório publicado pelo PBMC.

Figura 3 – Curvas de permanência da vazão para o tempo de estudo e para as previsões realizadas.



Entretanto, apesar das incertezas em relação às previsões realizadas, pode-se afirmar que a tendência é de que o aumento da temperatura média global impacte de forma a aumentar as precipitações e vazões na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. A Figura 3 ainda demonstra que as vazões tendem a aumentar na maior parte do tempo, mas também a diminuir em menos de 10% do tempo.

Na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos há grande demanda de usos da água, sendo que na região do baixo sinos há problemas quanto a disponibilidade, mas também problemas de inundação quando ocorrem chuvas mais intensas devido a grande urbanização da região. Com as previsões de precipitação e vazão realizadas, percebe-se que podem ocorrer inundações cada vez mais frequentes, acarretando em problemas sociais e econômicos. Intercalados com estes períodos de chuva intensa, podem ainda ocorrer períodos de estiagem, prejudicando a demanda de uso da água da população no entorno da bacia hidrográfica que, em períodos de seca, já enfrenta problemas de disponibilidade.

Este estudo corrobora com outros que foram realizados em diversas regiões, demonstrando que as mudanças climáticas irão ocasionar eventos extremos cada vez mais intensos e frequentes (MARENGO et al., 2013; SABÓIA et al., 2017).



#### 4 Conclusões

Aplicando-se os cenários previstos pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, observa-se um aumento da temperatura e também nos volumes de precipitação e vazão. Isto acarretará em alterações no comportamento hidrológico da bacia hidrográfica, o que, possivelmente, trará problemas referentes a inundações nas regiões mais habitadas da bacia.

Apesar das incertezas relacionadas com as previsões realizadas, certamente pode-se afirmar que os eventos extremos irão ocorrer de forma cada vez mais frequente e intensa, como já se tem observado na região, com volumes intensos de precipitação em pequenos intervalos de tempo, o que ocasiona em alagamentos nas cidades, tempestades mais frequentes e também, dias seguidos sem registros de precipitação.

Com isto, é de suma importância a gestão adequada da bacia hidrográfica, assim como de estudos referentes a medidas mitigadoras para amenizar os impactos causados pelas mudanças climáticas.

#### Referências

- GUHA-SAPIR, D.; HOYOIS P.; BELOW, R. **Annual Disaster Statistical Review 2015: The Numbers and Trends**. Brussels: CRED; 2016.
- HERRING, S. C.; HOELL, A.; HOERLING, M. P.; KOSSIN, J. P.; SCHRECK III, C. J.; STOTT, P. A. Explaining Extreme Events of 2015 from a Climate Perspective. **American Meteorological Society**, v. 97, n. 12, S1–S145, 2016.
- MALTCHIK, L.; ROLON, A. S.; STENERT, C. Aquatic macrophyte and macroinvertebrate diversity and conservation in wetlands of the Sinos River basin. **Braz. J. Biol.**, v. 70, n. 4, p. 1179-1184, 2010.
- MARENGO, J. A. Água e mudanças Climáticas. **Estud. av.** v. 22, n.63, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>>.
- \_\_\_\_\_. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima - Impactos sociais e econômicos. **Boletim do grupo de pesquisa em mudança climática (GPMC – INPE)**, n. 8, 2009.
- \_\_\_\_\_. et al. **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**: Análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. Projeto colaborativo realizado pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil e o Met Office Hadley Centre (MOHC) do Reino Unido, 2011.
- MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H. S.; ZEE, D. M. W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Rio de Janeiro: FBD, 2013. 76 p.
- MILLY, P. C. D. et al. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. **Nature**, v.438, 347-50, 2005.
- PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Sumário Executivo GT1**. PBMC: Rio de Janeiro, 24 p., 2013.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

SABÓIA, M. A. M.; FILHO, F. A. S.; JÚNIOR, L. M. A.; SILVEIRA, C. S. Climate changes impact estimation on urban drainage system located in low latitudes districts: a study case in Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, ed. 21, 2017.

VIEIRA, S. A.; OSÓRIO, D. M. M.; QUEVEDO, D. M. Análise das séries temporais de dados hidrometeorológicos da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. In: **Simpósio de Pós Graduação (Inovamundi)**, Feevale, Novo Hamburgo, 2017.