CORREÇÃO DE VIÉS POR QUANTILE MAPPING DA PRECIPITAÇÃO DE MODELOS DE CLIMA DO CMIP5 NA BACIA DO RIO ITAJAÍ

Maria Fernanda Rodrigues Pereima [1]; Pablo Borges de Amorim [2] & Pedro Luiz Borges Chaffe [3]

ABSTRACT – A changing climate will affect diverse aspects of our society, both spatially and quantitatively. The Global Climate Models is the most comprehensive tools to assess future climate. However, the spatial scale of GCM is often not adequate to regional purposes. Several methods to bridge the scale mismatch are available, such as downscaling and bias correction technique. This study intends to bias correct precipitation from CMIP5 climate models and access its performance in regards to marginal (number of dry days and monthly maximum precipitation) and temporal aspects (annual cycle). The study area is the Itajaí River Basin that has a historically under high threat of floods. The approach we use is Quantile Mapping, both annually and monthly. We conclude that the monthly-based bias correction has better performance than the annual-based in regards to the temporal aspect. As far as dry days and monthly maximum, the approach used was not satisfactory when compared to observations.

Palavras-Chave – CMIP5, Quantile Mapping, Bacia do Rio Itajaí.

1) Universidade Federal de Santa Catarina, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, mfernandapereima@hotmail.com
2) Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, borgesdeamorim.pablo@gmail.com
3) Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, pedro.chaffe@ufsc.br

1 - INTRODUÇÃO

Um clima em mudança pode acarretar em diferentes impactos na sociedade, como aumento da demanda de energia, mudança na disponibilidade de água, impactos na agricultura e aumento de agravos à saúde relacionados com o aumento de temperatura (MAURER; PIERCE, 2014). De forma a compreender o sistema terrestre e quais as implicações da ação antropogênica, o Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) coordena experimentos desenvolvidos por diversas instituições no desenvolvimento de Models Climáticos Globais (GCM). Atualmente o CMIP está em sua quinta fase, o CMIP5.

Em geral, os GCM possuem erros sistemáticos e a escala espacial fornecida pelos GCM (e.g. 100km por grade) não são adequadas para as ações locais de adaptação a mudança do clima. Considerando esses fatos, não é recomendado o uso dos GCM sem a correção de seus erros sistemáticos em estudos regionais de impacto na escala de bacias hidrográficas, e é recomendado, portanto a utilização de métodos que corrijam esses erros (i.e. downscaling, correção de viés).

Ao longo da história de Santa Catarina, a Bacia do Rio Itajaí tem demonstrado grande risco a enchentes e, portanto, é uma área onde a análise e previsão de eventos extremos deve ser priorizada. Estima-se que entre 1980 e 2010 houve um prejuízo de R$464,3 milhões decorrentes de inundações bruscas (HERRMANN, 2005). Com esses aspectos em mente, o presente trabalho objetiva a análise de eventos de extremos de chuva e dias secos dos modelos de clima do CMIP5 na Bacia do Rio Itajaí.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Área de Estudo

A Bacia do Rio Itajaí (Figura 1), localizada na porção centro norte do estado de Santa Catarina, com uma área total de aproximadamente 15000km².

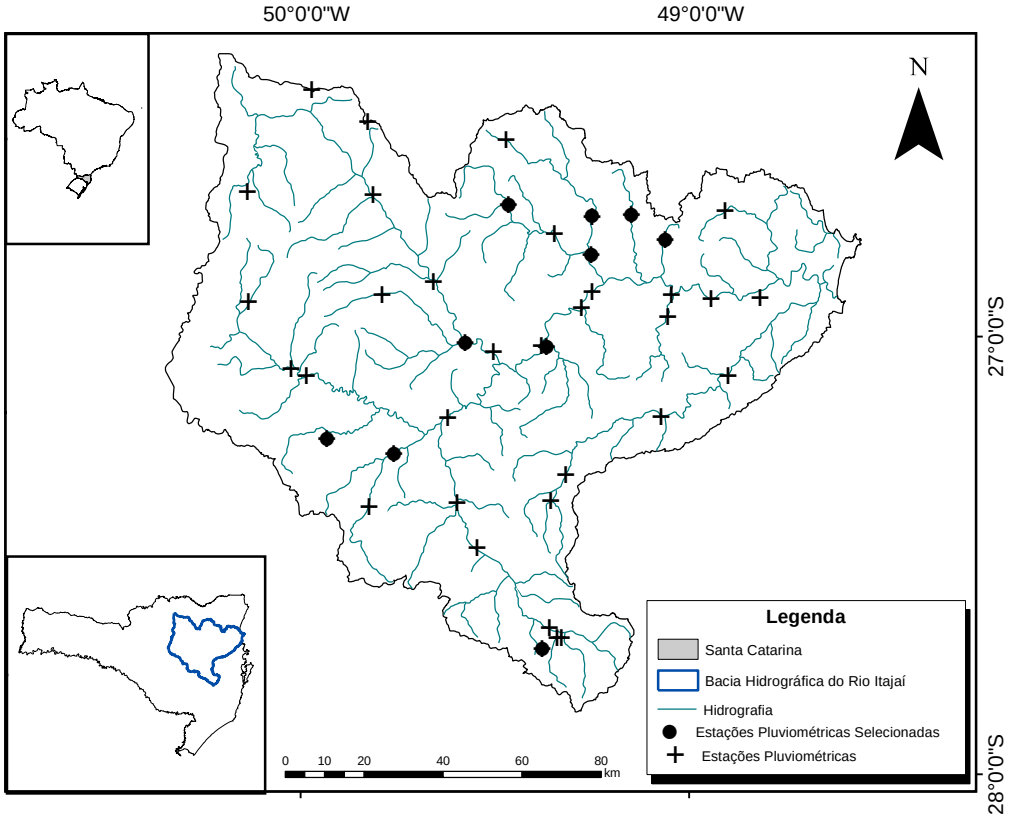

Figura 1 - Área de Estudo, Bacia do Rio Itajaí. O estado de Santa Catarina está identificado pela cor cinza, a bacia do rio Itajaí, localizada na porção centro-norte do estado, está representada pela linha azul. As estações pluviométricas utilizadas neste trabalho estão representadas pelos círculos preenchidos, enquanto o restante das estações está representado pelas cruzes.

2.2 - Estações Pluviométricas

Em sua totalidade, existem 72 Estações Pluviométricas no interior da área de estudo (Figura 1), porém somente 10 foram escolhidas para a realização deste trabalho. O critério de seleção das Estações Pluviométricas utilizadas é não apresentar mais de 20% de falhas anuais. Todas as estações são de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operação da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri).

O período escolhido para análise consiste em um período de 30 anos, entre 1975 e 2004. Este período foi dividido igualmente entre calibração (1975-1989), onde a correção foi estabelecida, e validação (1990-2004), onde a correção foi testada.

2.3 - Modelos de Clima

GCM são representações do sistema climático terrestre baseados em leis físicas como as leis de conservação de massa, energia e momento, bem como as leis da termodinâmica e de radiação (MARAUN et al., 2017). Os GCM foram desenvolvidos de forma a simular correntes de energia e massa em larga escala e, portanto, representam de forma satisfatória características de padrões de circulação atmosférica (e.g. El Ninõ, Oscilação do Atlantico Norte, células de Hadley). No entanto

não têm a habilidade de calcular detalhes locais para variáveis climáticas como precipitações (BENESTAD, 2016).

GCM atuais são desenvolvidos a partir de diferentes cenários de concentração de gases do efeito estufa derivados de projeções quantitativas de aspectos socioeconômicos (e.g. crescimento populacional, desenvolvimento tecnológico, cooperação internacional). Estes aspectos foram estabelecidos pelo IPCC no seu Quinto Relatório de Impacto (AR5) e são expressos em W/m² (i.e. RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5 (COLLINS et al., 2013)), bem como a partir do cenário histórico de concentrações pré-industriais.

Para o presente trabalho, foram utilizados 41 modelos de 16 instituições ao redor do mundo. Os modelos variam em espaçamento da grade e parametrizações.

2.4 - Método de correção de viés

Viés pode ser definido como a diferença sistemática entre a propriedade modelada e a propriedade real correspondente. Métodos de correção de viés são, portanto, todos os métodos que utilizam uma função de transferência empírica entre a distribuição dos parâmetros simulados e os provenientes das observações (MARAUN et al., 2017).

O método do Quantile Mapping (QM) consiste em encontrar uma função de transferência que iguale curva de frequência acumulada (CDF) da variável modelada à CDF obtida através de observações no período observado (PIANI et al., 2010).

O presente trabalho explorou duas formas diferentes de aplicar a correção através do QM (Figura 2). Uma maneira discrimina mensalmente (QM Mensal), de forma a resultar em 12 funções de transferência, uma para cada mês. A segunda forma considerando uma só função de transferência para a série toda (QM Anual). De uma forma geral, independente da forma de implementação do método de QM, a premissa básica é atendida: a função de transformação iguala à distribuição entre observação e simulação no período de calibração. Para o período de validação, é possível constatar que os quantis corrigidos se aproximam da realidade quando comparados à suas formas não corrigidas.

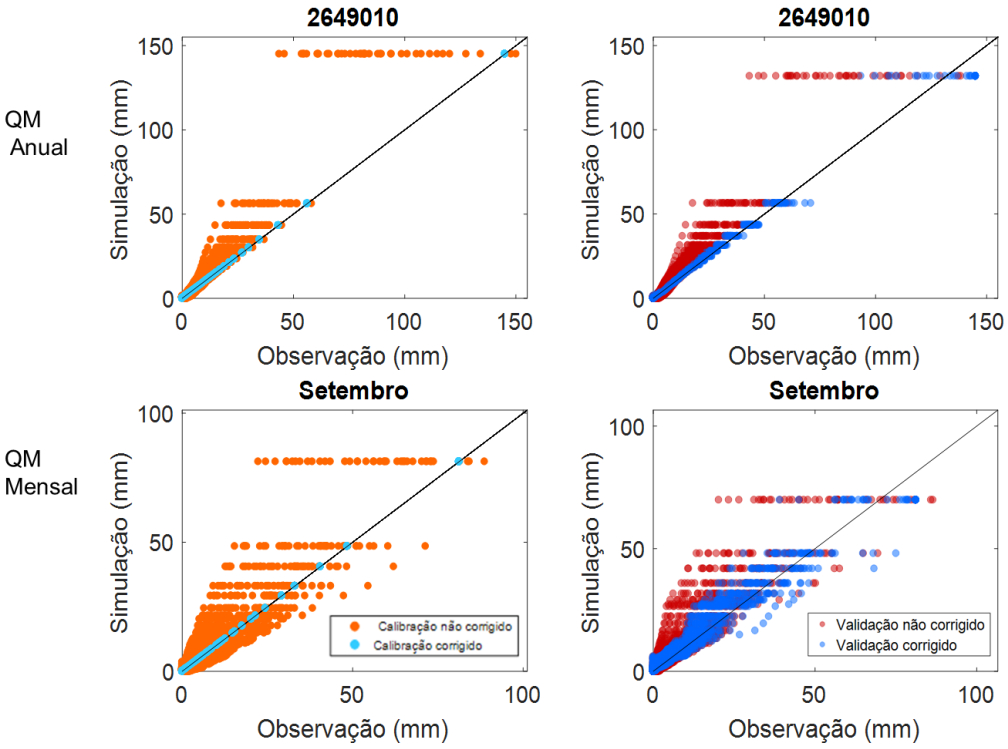

Figura 2- Demonstração dos métodos de correção de viés por Quantile Mapping Anual e Mensal (aqui exemplificado o mês de Setembro). A cor laranja representa a os quantis da calibração sem correção. A cor vermelha representa os quantis do período de validação sem correção. As cores azuis representam os quantis corrigidos pelos métodos de QM mensal e QM histórico, sendo o mais claro para o período de calibração e o mais escuro para o período de validação. Todos os gráficos descrevem a estação nº 2649010, localizada no município de Blumenau. As linhas pretas representam a linha 1:1.

2.5 - Procedimento de Validação

Nenhum modelo de clima (corrigido ou não) pode reproduzir todos os aspectos do sistema perfeitamente, e a validação de todos os aspectos seria impossível. No entanto, para cada aplicação (e.g. estudo de impacto hidrológico) somente uma pequena parte do sistema será relevante. Uma abordagem do ponto de vista da aplicação do processo de validação precisa, portanto, começar a partir de uma avaliação dos aspectos abordados no estudo de forma a estabelecer onde o método funciona de forma mais satisfatória e onde pode falhar. Em última análise, a validação consiste em encontrar índices a partir dos produtos do modelo,comparar esses índices com os de referência calculados a partir das observações e quantificar a distância entre eles (MARAUN et al., 2014). A iniciativa européia *European Union Cooperation in Science and Technology (EU COST) Action ES1102 VALUE*, procura estabelecer processos padrões de validação de modelos. Diferentes aspectos (i.e. temporais, marginais, espaciais e multivariados) são analisados, dependendo da variável escolhida para o estudo. No caso do presente trabalho, o aspecto temporal escolhido foi o Ciclo Anual e os aspectos marginais foram a distribuição de dias secos e precipitações mensais máximas.

3 - RESULTADOS

3.1 - Ciclo Anual

A análise do ciclo anual de precipitação demonstra a influência do tipo de QM escolhida. Dada a incapacidade dos modelos de clima em representar o ciclo anual real, as duas formas de QM foram aplicadas. É possível constatar que o método QM Anual não é tão satisfatório quanto o método QM Mensal na descrição do ciclo anual da área de estudo (Figura 3). Isto se dá pelo fato que o método histórico corrige a precipitação simulada ignorando a escala temporal. Este problema não ocorre no QM Mensal, que leva em consideração a amplitude pluviométrica mensal, não havendo valores deslocados na escala temporal.

A partir deste ponto, por tanto, as análises serão empregadas somente nos resultados mais representativos da área de estudo, isto é, somente nos resultados do QM Mensal.

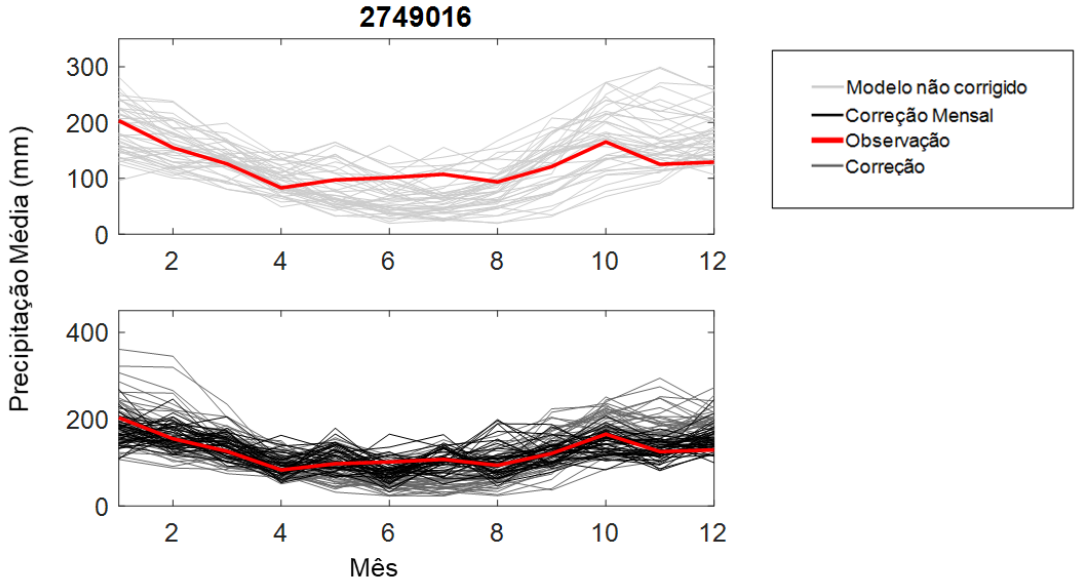

Figura 3 - Ciclo Anual antes e depois das correções no período de validação (1990-2004) na estação 2749016, localizada no município de Apuína Central. Cada dupla de gráficos consiste nos ciclos anuais antes das correções (QM Mensal e QM Anual) e o ciclo anual real. Os gráficos superiores demonstram o comparativo entre os ciclos anuais dos modelos não corrigidos (linhas cinzas claras) e da realidade (linhas vermelhas). Os gráficos de baixo demonstram o comparativo entre os modelos corrigidos por QM Histórico (linhas cinza médias) e por QM Mensal (linhas pretas), bem como a representação da realidade (linhas vermelhas).

3.2 - Análise de Dias Secos e Precipitação Máxima

Os modelos de clima sem correção apresentam uma sub-representação dos dias secos mensais (pico em aproximadamente 16 dias secos por mês), enquanto os modelos de clima corrigidos apresentam uma estimativa maior de dias secos quando comparados à realidade (picos de 22 dias secos por mês). Além disso, sua representação ao longo de todas as estações pluviométricas analisadas tende a ser mais homogênea, o que não ocorre nas estações verdadeiras ou nas corrigidas (Figura 4A).

Quanto à precipitação total mensal, os modelos sem correção amplificam a ocorrência de máximas mensais de baixas magnitudes (pico de ocorrência em aproximadamente 30mm) e diminuem a ocorrência de altas magnitudes de precipitação. O método de QM tende, em princípio, a inflar resultados nas caudas das distribuições (CANNON; SOBIE; MURDOCK, 2015), e representa melhor valores centrais da distribuição. Isto se dá, parcialmente, pelo método aplicado neste trabalho tratar-se de um método determinístico, onde as máximas corrigidas estão amplamente atreladas às máximas observadas no período utilizado para calibração. Isto significa que não há possibilidade de precipitações maiores que no período de calibração sejam representadas na correção, levando a uma interpretação errônea no que tange à eventos extremos (Figura 4B).

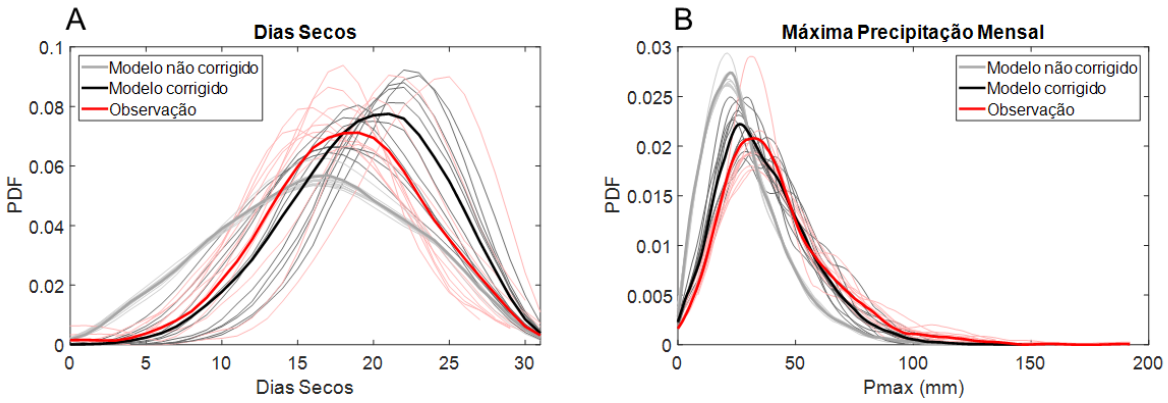

Figura 4 - Análise de dias secos (figura A) para todas as estações separadamente (linhas finas) e para as estações em conjunto, representando a bacia como um todo (linhas grossas). Análise de precipitação máxima mensal (figura B) para todas as estações separadamente (linhas finas) e para as estações em conjunto, representando a bacia como um todo (linhas grossas) para o período de validação (1989-2004).

4 - CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou o desempenho da correção de viés da precipitação do CMIP5 para a bacia do Itajaí através de um aspecto temporal (ciclo anual) e dois aspectos marginais (dias secos e precipitação máxima mensal) da precipitação. É possível concluir que o método de QM Mensal se mostra superior ao método de QM Anual na representação temporal da precipitação média. Isto se dá pela capacidade do método em considerar amplitudes valores, considerando cada mês como uma série diferente. Apesar de a correção aproximar os modelos à realidade quanto à análise de dias secos e precipitação máxima, ela ainda tende a aumentar a ocorrência de dias secos e diminuir a ocorrência de precipitações máximas de grandes magnitudes.

5 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENESTAD, R. *Downscaling Climate Information*. [s.l: s.n.]. v. 1

CANNON, A. J.; SOBIE, S. R.; MURDOCK, T. Q. *"Bias correction of GCM precipitation by quantile mapping: How well do methods preserve changes in quantiles and extremes?"* Journal of Climate, v. 28, n. 17, p. 6938–6959, 2015.

COLLINS, M.; KNUTTI, R.; ARBLASTER, J.; DUFRESNE, J.-L.; FICHEFET, T.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GAO, X.; GUTOWSKI, W. J.; JOHNS, T.; KRINNER, G.; SHONGWE, M.; TEBALDI, C.; WEAVER, A. J.; WEHNER, M. *"Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. Climate Change 2013: The Physical Science Basis"*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 1029–1136, 2013.

DE, M. L.; HERRMANN, P. Governo Do Estado De Santa Catarina Secretaria De Segurança Pública Atlas De Desastres Naturais Do Estado De Santa Catarina Programa De Pós-Graduação Em Geografia -Ppgg Atlas De Desastres Naturais Do Estado De Santa Catarina: Período De 1980 a 2010. [s.l: s.n.].

MARAUN, D.; WIDMANN, M.; GUTIÉRREZ, J. M.; KOTLARSKI, S.; CHANDLER, R. E.; HERTIG, E.; WIBIG, J.; HUTH, R.; WILCKE, R. A. I. *"VALUE: A framework to validate downscaling approaches for climate change studies"* Earth's Future. p. 1–14, 2014.

MARAUN, D.; SHEPHERD, T. G.; WIDMANN, M.; ZAPPA, G.; WALTON, D.; GUTIÉRREZ, J. M.; HAGEMANN, S.; RICHTER, I.; SOARES, P. M. M.; HALL, A.; MEARNS, L. O. *"Towards process-informed bias correction of climate change simulations"*. Nature Climate Change, v. 7, n. 11, p. 764–773, 2017.

MAURER, E. P.; PIERCE, D. W. *"Bias correction can modify climate model simulated precipitation changes without adverse effect on the ensemble mean"*. Hydrology and Earth System Sciences, v. 18, n. 3, 2014.

PIANI, C.; WEEDON, G. P.; BEST, M.; GOMES, S. M.; VITERBO, P.; HAGEMANN, S.; HAERTER, J. O. *"Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models"*. Journal of Hydrology, v. 395, n. 3–4, p. 199–215, 2010.