

## Análise Bayesiana dos Níveis de Retorno para Temperaturas Máximas de Piracicaba (SP)

Claudiana Goulart dos Reis <sup>1</sup>

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria – PPGEAB

Luiz Alberto Beijo <sup>2</sup>

Professor do PPGEAB – Departamento de Estatística – Unifal-MG

A modelagem de eventos extremos, sobretudo dos fenômenos envolvendo variáveis climatológicas, como é o caso da ocorrência de valores máximos de temperatura, desempenha um papel fundamental para a gestão de setores da população humana em geral, impactando negativamente no planejamento e desenvolvimento das atividades de construção civil, turismo, lazer, agricultura, transporte, saúde pública, entre outras [1].

Levando-se em consideração a relevância do conhecimento das possíveis temperaturas máximas, o presente trabalho teve como objetivo a aplicação da distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV) com a inferência Bayesiana na modelagem de valores máximos de temperatura para os meses de setembro a novembro no município de Piracicaba (SP).

Foram utilizadas séries históricas de temperatura máxima ( $^{\circ}C$ ) da Estação Meteorológica da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), em Piracicaba (SP), dos meses de setembro a novembro, no período de 1980 a 2017.

Para verificar a independência e a existência de tendência no conjunto de observações amostrais foram aplicados os testes Ljung-Box e MannKendall, respectivamente.

A estimação dos parâmetros da distribuição GEV foi realizada aplicando-se inferência Bayesiana com *priori* não informativa, sendo utilizada a Distribuição Normal Trivariada [2] com vetor de média  $\phi_0 = (0; 0; 0)$  e  $\Sigma_0 = [10000; 10000; 100]$ . Para todos os meses foram geradas cadeias com 250000 iterações, descartando-se (*burn-in*) 30000 das primeiras iterações e realizado saltos (*thin*) a cada 50 iterações. A convergência das cadeias a posteriori foi verificada por meio dos critérios de Raftery e Lewis, Geweke e Heidelberger e Welch e da análise dos gráficos traço e densidade dos parâmetros estimados. Posteriormente, foram calculados os níveis de retorno correspondentes às temperaturas máximas esperadas para os períodos de retorno de 2, 5, 20 e 50 anos.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com a utilização do software R Core Team [3].

A aplicação do teste de Ljung-Box indicou que as séries de setembro a novembro são independentes a um nível de 5% de significância com p-valor de 0,404, 0,174 e 0,258, respectivamente. O teste de Mann-Kendall indicou que somente na série de novembro não ocorre tendência ( $p = 0,753$ ). Os resultados para as séries dos meses de setembro e outubro

---

<sup>1</sup>claudianagdr@gmail.com

<sup>2</sup>luiz.beijo@unifal-mg.edu.br

apresentaram p-valor de 0,012 e 0,004, respectivamente. Para verificar a partir de qual período poderia ter ocorrido a tendência nas séries foram plotados gráficos relacionando a temperatura máxima a cada ano para setembro e outubro, determinando-se que o início ocorreu em 1992 em ambos os casos.

Analisando-se os critérios de Raftery e Lewis, de Geweke, de Heidelberger e Welch, bem como os gráficos traço e densidade das cadeias para todos os parâmetros  $(\mu, \sigma, \xi, \mu_t)$ , verificou-se que não houve evidências que indicavam a não convergência das cadeias a posteriori.

Os resultados do teste de hipóteses Bayesiano para análise de tendência dos meses de setembro e outubro indicaram que, de acordo com a análise do Fator de Bayes, a escala de evidência a favor de  $H_1$  foi forte para o mês de setembro (10,72) e fraca para outubro (5,48). Portanto, rejeitou-se  $H_0$  somente para o mês de setembro e a tendência foi incorporada nas análises seguintes da série de dados.

Foram calculadas as temperaturas máximas para os tempos de retorno de 2, 5, 20 e 50 anos, com seus respectivos intervalos HPD de 95%, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Média a posteriori e respectivos intervalos HPD 95% para os níveis de retorno das temperaturas máximas ( $^{\circ}C$ ) para diferentes tempos de retorno (TR) em Piracicaba (SP).

| TR (anos) | Set   |                | Out   |                | Nov   |                |
|-----------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|
|           | Média | HPD 95%        | Média | HPD 95%        | Média | HPD 95%        |
| 2         | 36,27 | [35,13; 37,39] | 35,48 | [34,84; 36,10] | 35,07 | [34,51; 35,62] |
| 5         | 38,01 | [36,64; 39,41] | 36,70 | [36,11; 37,26] | 36,64 | [35,91; 37,40] |
| 20        | 40,56 | [38,07; 43,12] | 37,59 | [36,99; 38,29] | 38,44 | [37,29; 39,86] |
| 50        | 43,36 | [38,97; 47,72] | 37,93 | [37,31; 38,88] | 39,48 | [37,89; 41,52] |

Considerando-se o tempo de retorno e o mês de novembro, espera-se que, em um tempo médio de 20 anos, ocorra pelo menos um dia com temperatura máxima, em novembro em Piracicaba, maior ou igual a 38,44  $^{\circ}C$  e espera-se com 95% de credibilidade que ocorra uma temperatura máxima maior ou igual a um valor que esteja entre 37,29 e 39,86  $^{\circ}C$ .

Os maiores valores de temperatura máxima em Piracicaba (SP) foram previstos para os meses de setembro e novembro, de modo que tais informações podem subsidiar o planejamento e gestão de setores impactados pela ocorrência de eventos extremos de temperatura.

## Referências

- [1] E. C. Barbosa. et al. Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GVE): Um estudo aplicado a valores de temperatura mínima da Cidade de Viçosa-MG. *Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto*, v. 3, p. 387-391, 2014.
- [2] S. G. Coles. *An introduction to statistical modeling of extreme values*. London: Springer, 2001.
- [3] R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018, URL <https://www.R-project.org/>.