



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

EXTREMOS SAZONAIS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL E ASSOCIAÇÃO COM MUDANÇAS CLIMÁTICAS

RELATÓRIO FINAL PIBIC DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/INPE/CNPq)

José Victor Orlandi Simões (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)

Email: jose.orlandi@unesp.br

Lincoln Muniz Alves (DIIAV /INPE, Orientador)

Email: lincoln.alves@inpe.br

Naurinete de Jesus da Costa Barreto (Climatempo, Coorientadora)

Email: netebarreto@gmail.com

INPE

2021

São José dos Campos

RESUMO

A mudança do clima é um fenômeno de alcance global atribuído "direta ou indiretamente" à atividade humana que altera a composição da atmosfera e se acrescenta à variabilidade climática natural observada ao longo do tempo. Dessa maneira, a mudança do clima tem e terá impactos diretos e indiretos sobre os componentes do sistema climático, entre eles o ciclo hidrológico que se manifesta através do aumento na frequência e intensidade dos eventos extremos, tais como chuvas intensas ou secas, afetando os sistemas naturais, grupos e sistemas humanos, assim como sobre a atividade econômica. Afeta, por exemplo, os setores energético, agrícola e hídricos que têm uma dependência direta das variáveis do ciclo hidrológico. A região sudeste do Brasil produz 60% das riquezas nacionais e boa parte da eletricidade do país, além de abrigar 80 milhões de pessoas. Eventos climáticos extremos têm castigado essa região nas últimas décadas, a exemplo da crise hídrica 2014/15 e chuvas intensas, em particular, nos verões, provocando uma crescente quantidade de desastres naturais. Dado a importância dessa temática, o presente estudo analisou a variabilidade da precipitação, no contexto de evolução sazonal, tendências de longo prazo e mudança nos padrões dos extremos de precipitação sobre a região sudeste do Brasil no período de 1981-2020, buscando respostas a uma série de questões demandadas pela sociedade quando a variabilidade climática, entre elas: Como vem se comportando o padrão de precipitação na região nos últimos anos? O número de eventos climáticos extremos têm aumentado ou diminuído? Os resultados dessas pesquisas revelaram que o comportamento dos extremos foi alterado durante o período de estudo, demonstrando uma diminuição do total acumulado de precipitação anual e nas estações do ano, em particular nas últimas décadas (1991-2020). Além disso, foi realizada uma análise sobre os períodos de retorno de ambos os recortes e verificou-se que em um intervalo de 30 anos, ocorreu a diminuição no nível de retorno de aproximadamente 8,2%.

Palavras-chave: Sudeste, chuvas extremas, GEV, mudanças climáticas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da região sudeste do Brasil	1
Figura 2 - Boxplot das precipitações médias mensais na Região Sudeste	5
Figura 3 - Histograma das precipitações anuais médias nos dois recortes em análise, em que: a) 1981 a 2010 e b) 1991 a 2020	6
Figura 4 - Variabilidade temporal das precipitações acumuladas anuais e sazonais da Região Sudeste	7
Figura 5 - Período de retorno nos distintos recortes da série temporal, em que: a) 1981 a 2010 e b) 1991 a 2020	8
Figura 6 - Distribuição da densidade de probabilidade dos recortes da série temporal, em que a linha preta contínua se refere a distribuição dos dados empíricos e a linha pontilhada em azul se refere ao ajuste obtido através da modelagem GEV e a) 1981 a 2010 e b) 1991 a 2020.....	9
Figura 7 - Período de Retorno e Distribuição da densidade de probabilidade de toda a série temporal, em que a linha preta contínua se refere a distribuição dos dados empíricos e a linha pontilhada em azul se refere ao ajuste obtido através da modelagem GEV	10
Figura 8 - Períodos de retorno nos distintos recortes da série temporal separados de forma sazonal, em que: a) 1981 a 2010 e b) 1991 a 2020	12
Figura 9 - Distribuição da densidade de probabilidade dos diferentes recortes da série temporal separados de forma sazonal, em que a linha preta contínua se refere a distribuição dos dados empíricos e a linha pontilhada em azul se refere ao ajuste obtido através da modelagem GEV e a) se refere ao recorte de 1981 a 2010 e b) ao recorte de 1991 a 2020	13
Figura 10 - Período de Retorno e Distribuição da densidade de probabilidade de toda a série temporal separados por estação, em que a linha preta contínua se refere a distribuição dos dados empíricos e a linha pontilhada em azul se refere ao ajuste obtido através da modelagem GEV	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas da precipitação acumulada da Região Sudeste nos diferentes recortes	4
Tabela 2 - Parâmetros da GEV dos diferentes recortes analisados	8
Tabela 3 - Período e Nível de retorno referentes à modelagem por GEV dos máximos anuais.....	11
Tabela 4 - Nível de alteração referentes à modelagem por GEV dos máximos sazonais.....	15

SUMÁRIO

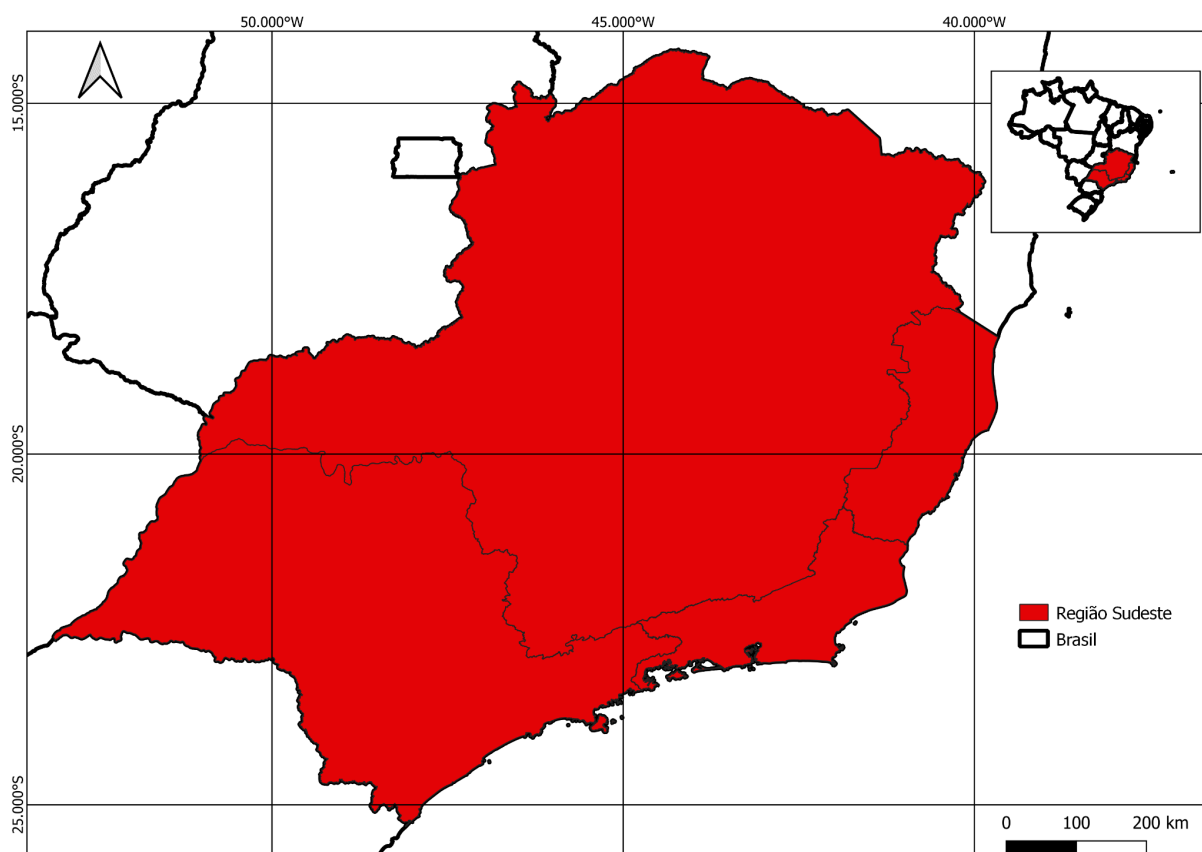
Introdução.....	1
Materiais e Métodos.....	2
Resultados e Discussão.....	3
Conclusão.....	15
Referências Bibliográficas.....	17

1. Introdução

Eventos extremos de precipitação tiveram mudanças significativas desde cerca de 1950, como a diminuição nos extremos de temperatura fria, aumento nos extremos de temperatura e de precipitação, frequentemente são associadas a fatores antrópicos. A gravidade destas mudanças não afetam apenas o clima terrestre, mas também outros sistemas humanos e naturais, como aumento da suscetibilidade a deslizamentos, inundações, entre outros desastres socioambientais (IPCC, 2014). Esses eventos apresentam forte influência na produtividade agrícola (Ferreira, 2005), na formação de pontos de alagamentos (Pontes et al., 2017) e alterações no relevo (Alves; Azevedo; Farias, 2011).

A região Sudeste é a região mais populosa do Brasil, possuindo mais de 80 milhões de habitantes. Esta é responsável por mais de 50% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e pela maior taxa de crescimento urbano do país, devendo, portanto, ser uma das regiões mais afetadas do território nacional com as mudanças climáticas (IBGE, 2010; IBGE, 2017).

Figura 1: Localização da região sudeste do Brasil.



No contexto das mudanças climáticas, os fatores antrópicos acabam agravando essas alterações, portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar mudanças nos padrões de distribuição de extremos sazonais na Região Sudeste do Brasil, em busca da resposta do seguinte questionamento: **“Os padrões de extremos sazonais no Sudeste brasileiro foram alterados durante os anos de 1981 a 2020?”**

Os resultados foram obtidos através dos seguintes objetivos específicos:

- Estimativa da tendência da sazonalidade dos totais de precipitação mensal;
- Identificação dos limiares dos extremos máximos e mínimos sazonalmente;
- Ajuste dos extremos pela distribuição generalizada de valores extremos (GEV);
- Avaliação da mudança nos padrões de extremos nos últimos 20 anos.

Este relatório está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 contém os materiais e métodos utilizados neste projeto de iniciação científica, o Capítulo 3 apresenta os resultados obtidos ao longo desse período da pesquisa e suas respectivas discussões. Por último, o Capítulo 4 apresenta as considerações finais deste relatório seguido pelas referências bibliográficas utilizadas ao fim deste documento.

2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento do presente trabalho começou a partir da sistematização de dados pluviométricos diários da região obtidos junto ao CPC (Climate Predict Center) da NOAA (National Ocean and Atmospheric Agency) (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/>) durante os anos de 1981 a 2020.

A partir da série temporal de precipitação serão calculadas médias sobre a região que compreende o sudeste do Brasil ($14^{\circ}13' S - 22^{\circ}54' S$ e $39^{\circ}51' W - 51^{\circ}02' W$). Neste trabalho os dados diários serão transformados em dados mensais, em seguida separados em média sazonais para as estações dezembro a fevereiro (DJF), março a maio (MAM), junho a agosto (JJA) e setembro a novembro (SON).

As análises de tendências serão realizadas através do Teste de Mann-Kendall (Kendall, 1948; Mann, 1945). Este que é um método robusto, sequencial e não paramétrico utilizado para determinar se uma determinada série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa. Por tratar se de um método não paramétrico, ele não requer distribuição normal dos dados (Yue et al., 2002).

Para estimar as alterações nos níveis e períodos de retorno dos eventos extremos de precipitação será utilizada a técnica "Generalized Extreme Value Analysis" (GEV), que é uma

das técnicas mais utilizadas em ciências aplicadas nas últimas décadas (Coles et al., 2001). A distribuição GEV, que será aplicada nos dados climáticos obtidos, é dependente de três parâmetros: μ , σ , ξ . Onde μ é o parâmetro de localização variando de $-\infty < \mu < +\infty$, σ é o parâmetro de escala com $0 < \sigma < \infty$, ξ é o parâmetro de forma com $-\infty < \xi < +\infty$. A distribuição GEV é a combinação de três formas assintóticas para distribuições de extremos: Gumbel, Weibull, and Frechet (FISHER e TIPPETT, 1928; WILKS, D S, 2011). Quando se trata das distribuições de Weibull e Frechet, $\xi < 0$ e $\xi > 0$, respectivamente, se a distribuição assume a forma que representa uma distribuição de Gumbel tem-se $\xi = 0$.

Na distribuição GEV, a amostra é dividida em sub-períodos, podendo ser mensal, sazonal ou anual, em cada bloco o máximo ou mínimo é extraído para compor os dados de extremos (Santos et al., 2015). Neste projeto o foco será nos máximos sazonais.

3. Resultados e Discussão

Com o objetivo de analisar o comportamento climatológico da região sudeste do Brasil, foi realizada a análise das estatísticas descritivas para dois recortes distintos da série temporal como apresentados na Tabela 1. Nota-se que o verão é o período que contribui mais para os totais anuais de precipitação, que é em média de 1415,12 mm no período de 1981 a 2010; já o inverno é caracterizado como o período, visto que é a estação que menos contribui com os totais anuais dos períodos.

Tabela 1: Estatísticas descritivas da precipitação acumulada da Região Sudeste nos diferentes recortes.

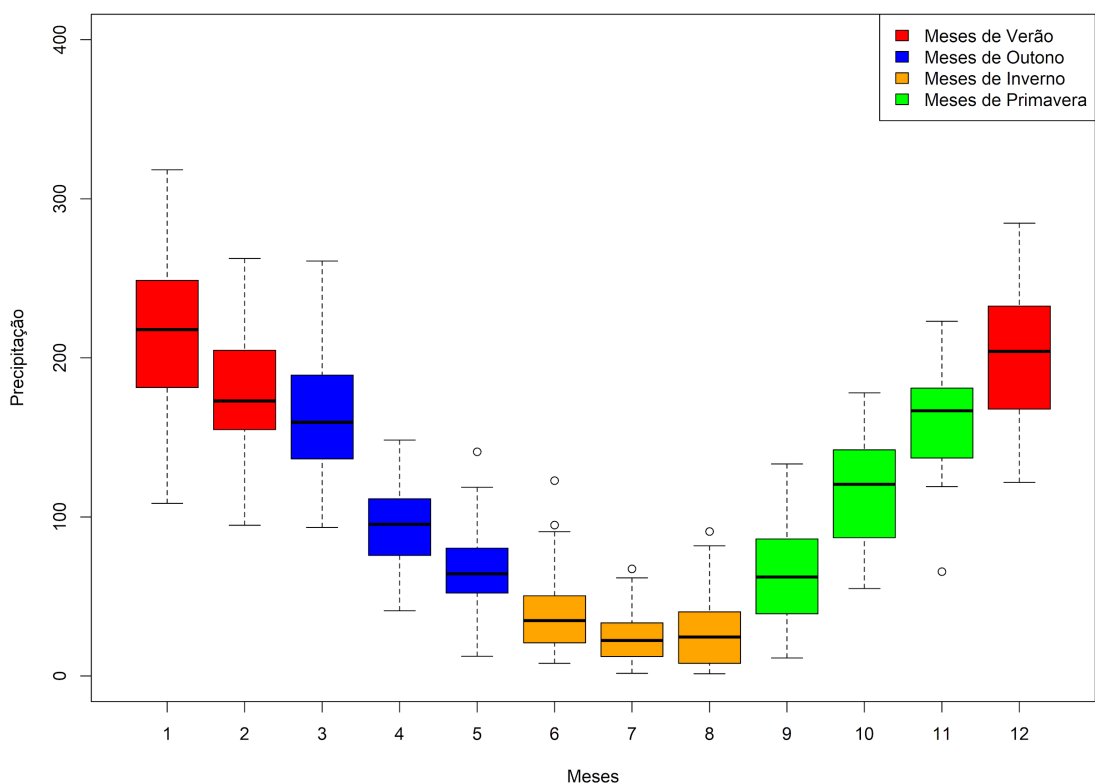
1981-2010					
	Anual	Verão (DJF)	Outono (MAM)	Inverno (JJA)	Primavera (SON)
Média		623,83	337,70	97,33	356,26
(mm)	1415,12	(44,08%)	(23,86%)	(6,88%)	(25,18%)
Desvio - Padrão					
(mm)	148,18	60,91	58,02	41,99	63,50
Tendência	-2,00*	-1,35	-2,93*	-1,64	-0,25
1991-2020					
	Anual	Verão (DJF)	Outono (MAM)	Inverno (JJA)	Primavera (SON)
Média		579,59	313,59	89,35	339,51
(mm)	1322,04	(43,84%)	(23,72%)	(6,76%)	(25,68%)
Desvio - Padrão					
(mm)	156,91	74,61	54,95	29,83	74,08
Tendência	-4,42*	-4,03*	-2,39*	-0,14	-2,32*

* = estatisticamente significativo ($p < 5\%$)

A distribuição sazonal de chuvas durante o período de estudo pode ser observada na Figura 2. Essa distribuição da precipitação é influenciada pela posição em relação à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pela energia que a circulação da frente polar Sul avança para o Norte (Schröder, 1956). De acordo com Nery, Silva e Carfan (2008), as diferenças sazonais observadas são influência da latitude média da região sudeste, sendo, portanto, uma região de transição entre climas quentes de latitudes baixas e climas temperados de latitudes médias.

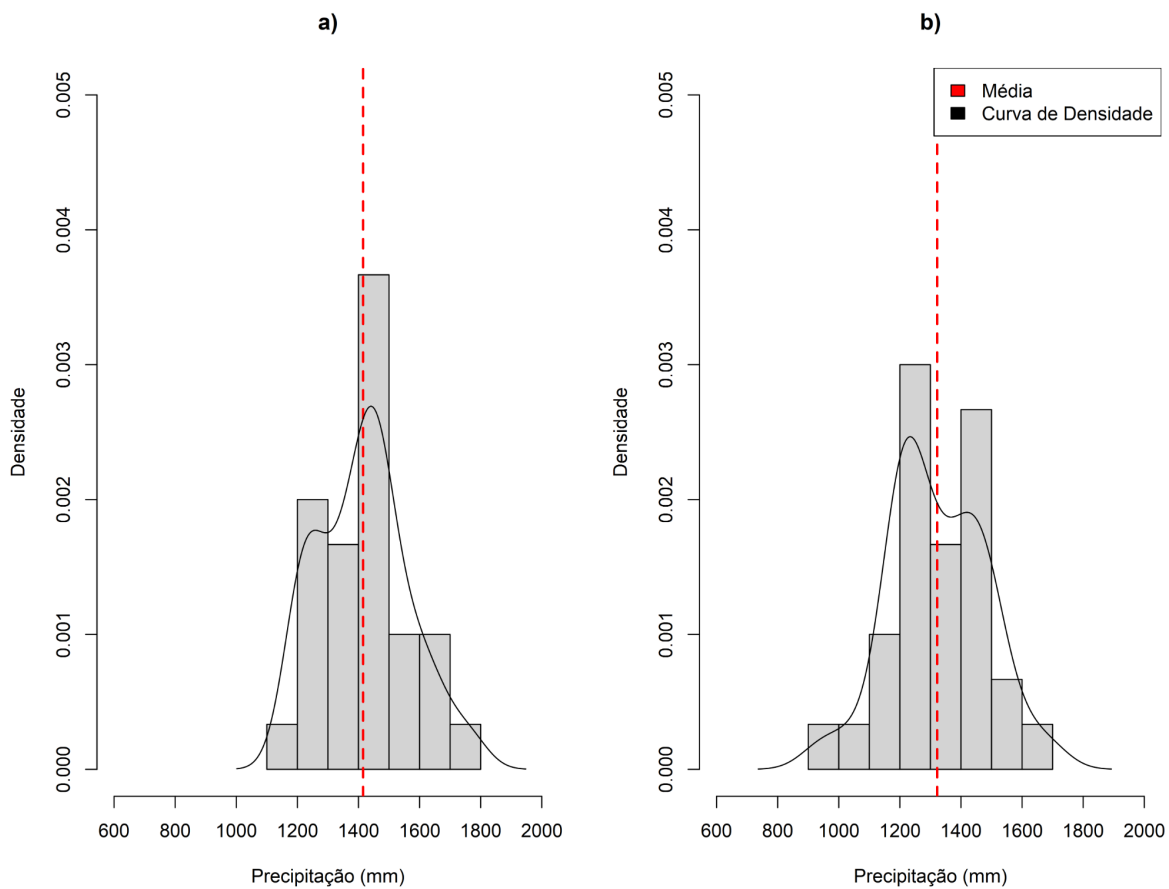
Durante as estações de primavera-verão, tem-se a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), um dos principais responsáveis pelo transporte de vapor d'água da região amazônica para a região de estudo, elevando os valores pluviométricos da região nestas estações (Reis, 2015).

Figura 2: Boxplot das precipitações médias mensais na Região Sudeste.



Como visto na Tabela 1, ocorreu diminuição na média anual de precipitação, portanto a Figura 3 exibe a distribuição da densidade de probabilidade nos diferentes recortes em análise. É possível verificar que do período mais antigo para o mais recente houve uma maior frequência de precipitação em níveis mais baixos, em que no período de 1981 a 2010 houve uma maior frequência de precipitações na faixa entre 1400 mm e 1500 mm; enquanto de 1991 a 2020, a faixa de maior frequência se encontra entre 1200 mm e 1300 mm, demonstrando diminuição dos níveis de precipitação da região.

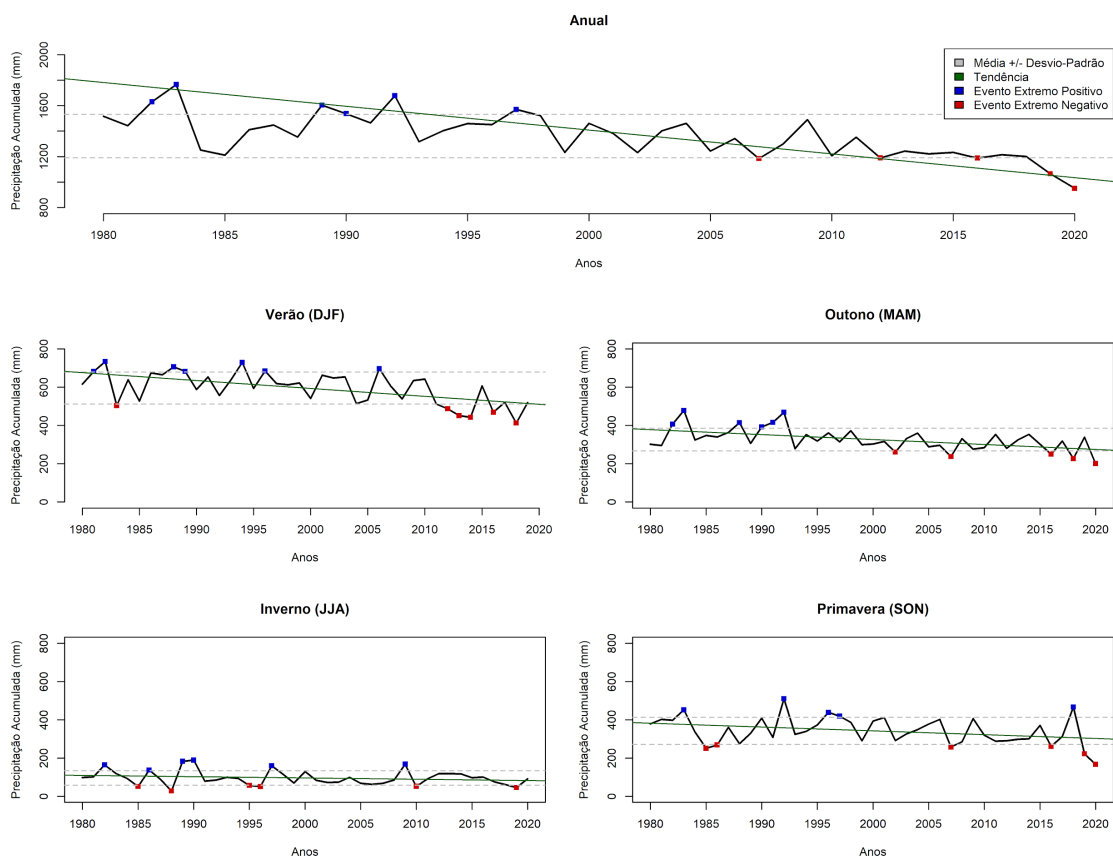
Figura 3: Histograma das precipitações anuais médias nos dois recortes em análise, em que: a) 1981 a 2010 e b) 1991 a 2020.



Na Figura 4 está ilustrada a distribuição temporal da precipitação na Região Sudeste do Brasil durante o período de 1981 a 2020, em que o ano com a menor precipitação acumulada é o ano de 2020 (951 mm), enquanto o ano com a maior precipitação acumulada é o ano de 1983 (1765 mm). Para a determinação de um evento extremo positivo foi utilizada a faixa da média somada com o desvio padrão dos dados, enquanto a de um extremo negativo a faixa da média subtraída do desvio padrão.

A estação do ano que apresentou o maior número de eventos extremos foi o verão, muito provavelmente, por conta de ser a estação com maior contribuição nos níveis de precipitação da região e ser facilmente afetada por ações antrópicas como desmatamento e retirada de cobertura do solo. Nota-se que todas as sazonalidades analisadas apresentaram tendência de diminuição nos níveis de precipitação com o passar do tempo, corroborando com as análises feitas até então.

Figura 4: Variabilidade temporal das precipitações acumuladas anuais e sazonais da Região Sudeste.



Após as análises dos padrões temporais climatológicos da área, foi possível observar uma diminuição nos valores de precipitação durante o período de estudo, sendo assim, a fim de verificar se o comportamento dos extremos de precipitação também se alterou durante o período de estudo, foi aplicada a distribuição GEV no conjunto de dados, utilizando os máximos anuais de cada período.

A Tabela 2 exibe o resultados obtidos da aplicação da GEV na série temporal completa e em seus diferentes recortes, sendo possível verificar que a série completa e o recorte de 1991 a 2020 possuem comportamentos muito semelhantes quanto à sua forma e escala, ocasionando na mesma forma de distribuição de probabilidade (Weibull) e, conseqüentemente, em modelos muito semelhantes, como será visto adiante.

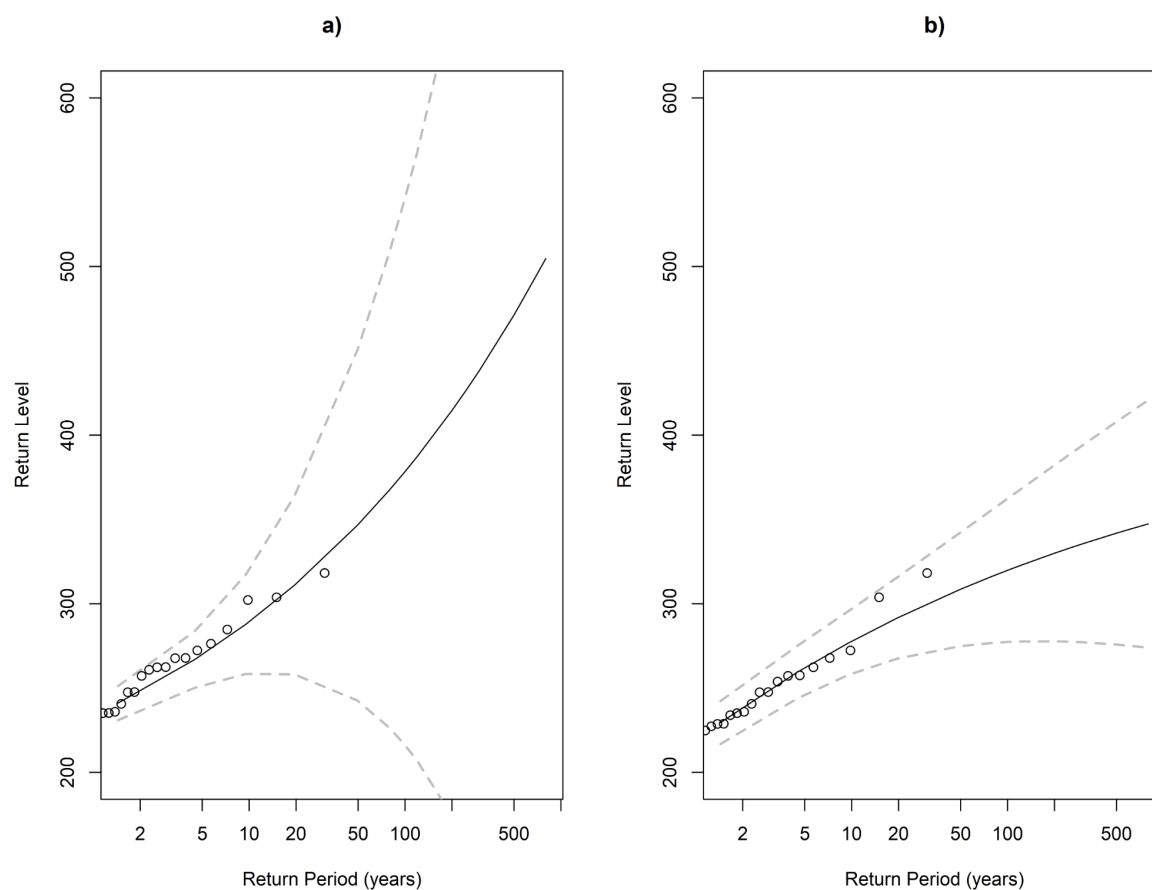
Tabela 2: Parâmetros da GEV dos diferentes recortes analisados.

Recorte	Localização (μ)	Escala (σ)	Forma (ξ)	Distribuição
1981 - 2020	225,69	31,71	-0,21	Weibull
1981 - 2010	233,92	18,77	0,21	Fréchet
1991 - 2020	218,79	30,15	-0,15	Weibull

A Figura 5 ilustra os períodos de retorno nos diferentes recortes em análise, exibindo a diferença de distribuição entre os intervalos de tempo, corroborando com os valores da Tabela 2, o período mais antigo apresenta uma distribuição de Fréchet, que é caracterizada por uma cauda superior elevada e infinitos momentos de ordem superior; enquanto o recorte de 1991 a 2020 expõe uma distribuição de Weibull, reconhecida por apresentar uma cauda superior com valores relativamente baixos.

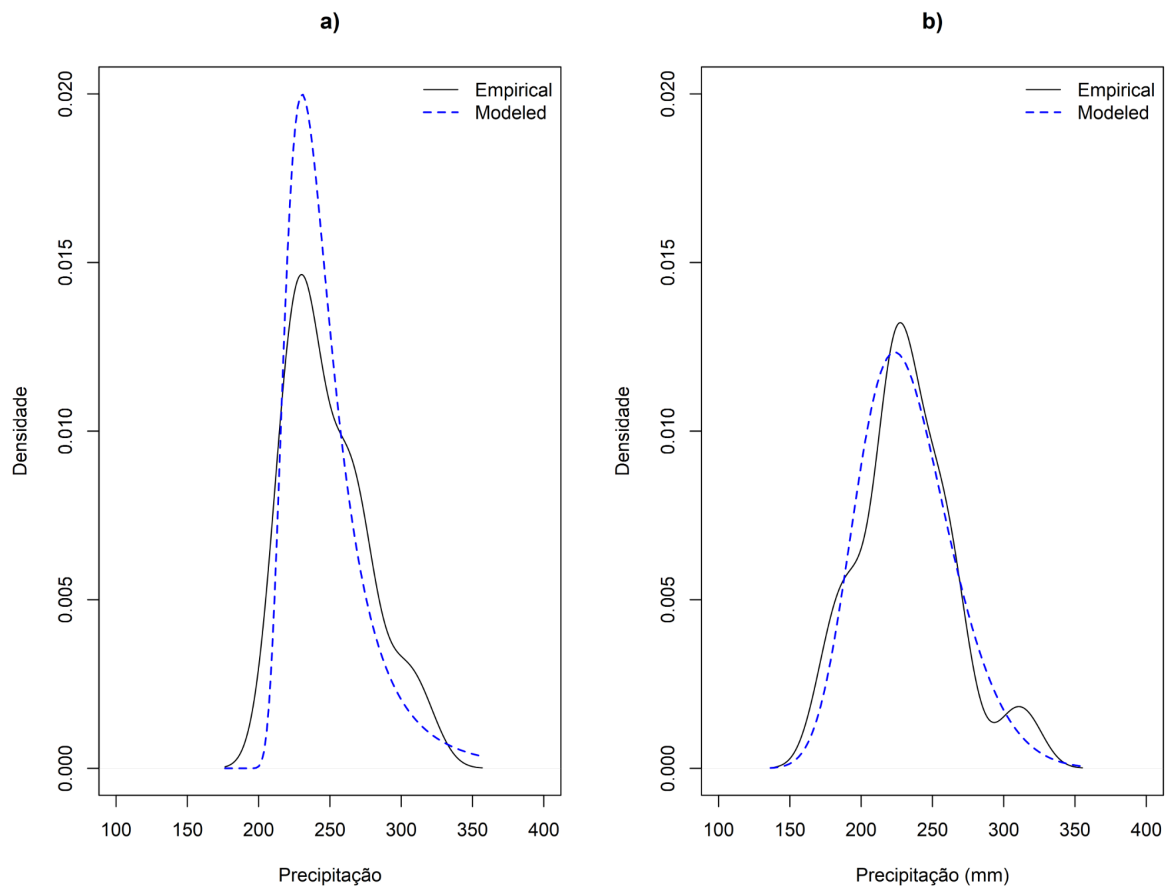
Figura 5: Período de retorno nos distintos recortes da série temporal, em que:

a) 1981 a 2010 e b) 1991 a 2020.



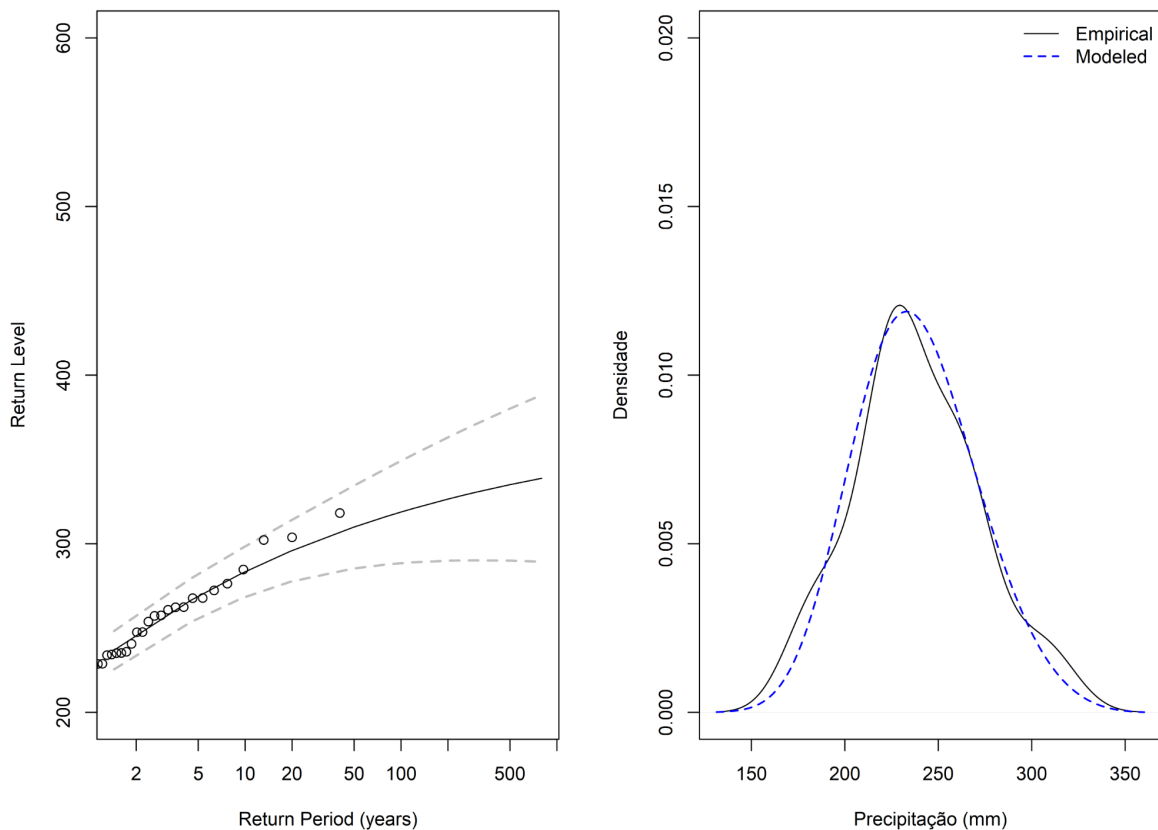
Após a aplicação da modelagem GEV, a Figura 6 exibe a distribuição das densidades de probabilidade dos diferentes períodos em análise comparado com a distribuição empírica dos dados. É possível verificar que o modelo do recorte mais recente se adequou melhor aos dados coletados, muito por conta de apresentarem a maior frequência em valores muito próximos e pontos de inflexão muito semelhantes, entretanto, o modelo do recorte de 1981 a 2010 destoa muito da curva empírica. Analisando a figura em questão, é possível concluir que, provavelmente, a diferença no comportamento dos recortes se deve aos valores dos níveis de precipitação de duas décadas: 1981 a 1990 ou 2011 a 2020.

Figura 6: Distribuição da densidade de probabilidade dos recortes da série temporal, em que a linha preta contínua se refere a distribuição dos dados empíricos e a linha pontilhada em azul se refere ao ajuste obtido através da modelagem GEV e a) 1981 a 2010 e b) 1991 a 2020.



Buscando identificar qual década alterou o comportamento dos extremos anuais da série temporal, a Figura 7 ilustra o período de retorno e distribuição da densidade de probabilidade ao longo de todo o período de estudo (1981-2020). Como o recorte de 1991 a 2020 e o período total apresentam a mesma distribuição de valores e comportamento do período de retorno, é possível concluir que, muito provavelmente, a década que causou a diferença foi a de 1981 a 1990.

Figura 7: Período de Retorno e Distribuição da densidade de probabilidade de toda a série temporal, em que a linha preta contínua se refere a distribuição dos dados empíricos e a linha pontilhada em azul se refere ao ajuste obtido através da modelagem GEV.



Na Tabela 3 é possível observar os níveis de retorno de precipitação extrema para períodos específicos, com base nessas informações é possível avaliar qual o comportamento na intensidade dos eventos extremos. Na presente análise se tem a redução desta grandeza em aproximadamente 15,4% quando é analisado o período de retorno de 100 anos. No presente estudo o período utilizado é de 40 anos, diante disso, é importante destacar que as avaliações

e considerações efetuadas até este período são baseadas nas observações enquanto as análises posteriores são apoiadas pelas estimativas fornecidas pelo método GEV.

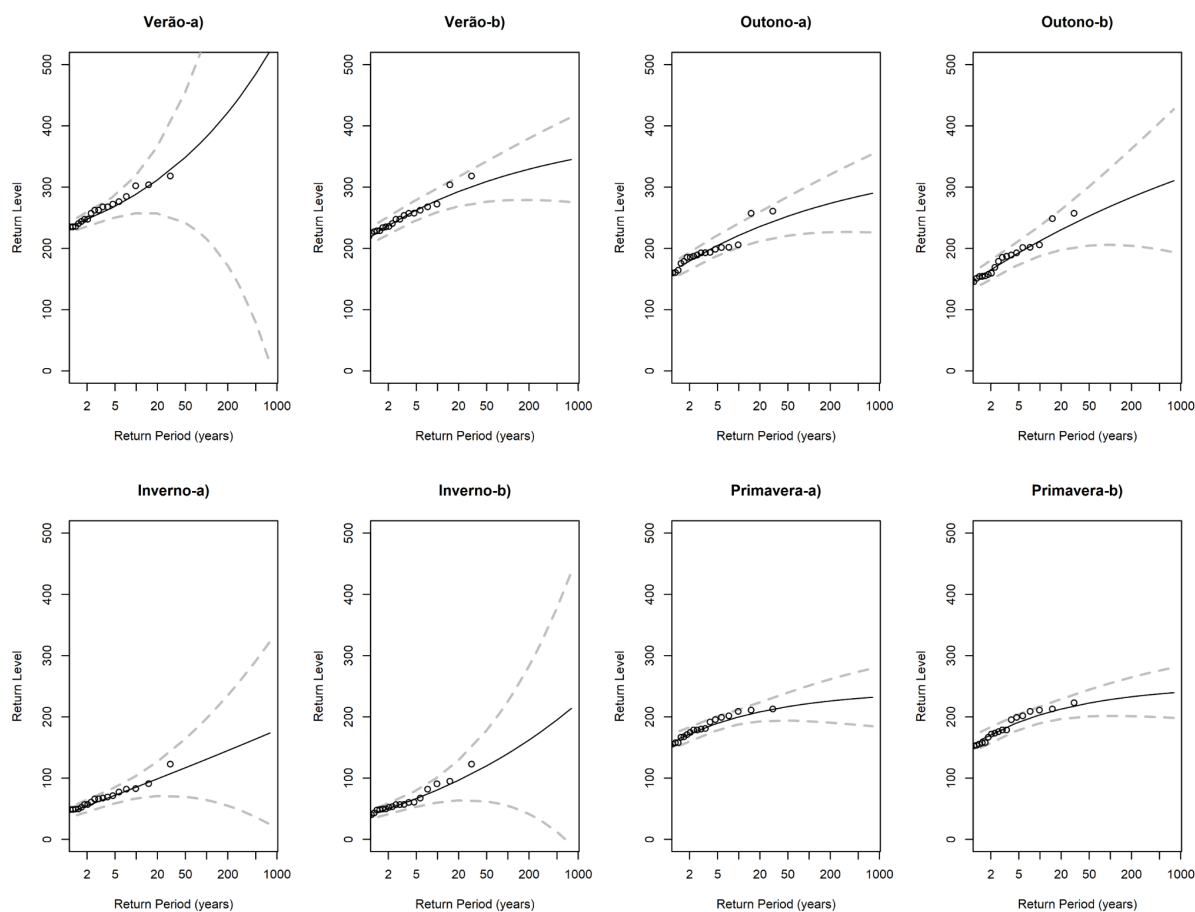
Tabela 3: Período e Nível de retorno referentes à modelagem por GEV dos máximos anuais.

Período/Nível	2	5	10	15	20	30	50	75	100
1981-2010 (mm)	241,06	266,92	287,70	300,92	310,89	325,89	346,53	364,47	378,11
1991-2020 (mm)	229,55	259,39	276,60	285,50	291,42	299,36	308,43	315,19	319,73
Alteração (%)	-4,8	-2,8	-3,9	-5,1	-6,3	-8,2	-11,0	-13,5	-15,4

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, a respeito do comportamento dos eventos extremos anuais na modelagem GEV, foi possível observar uma redução crescente com o passar do tempo na porcentagem de alteração dos níveis de retorno, desta forma, também foram avaliados os comportamentos do extremos de precipitação sazonal do período de estudo, sendo aplicada a distribuição GEV nos conjuntos de dados, utilizando os máximos de cada estação.

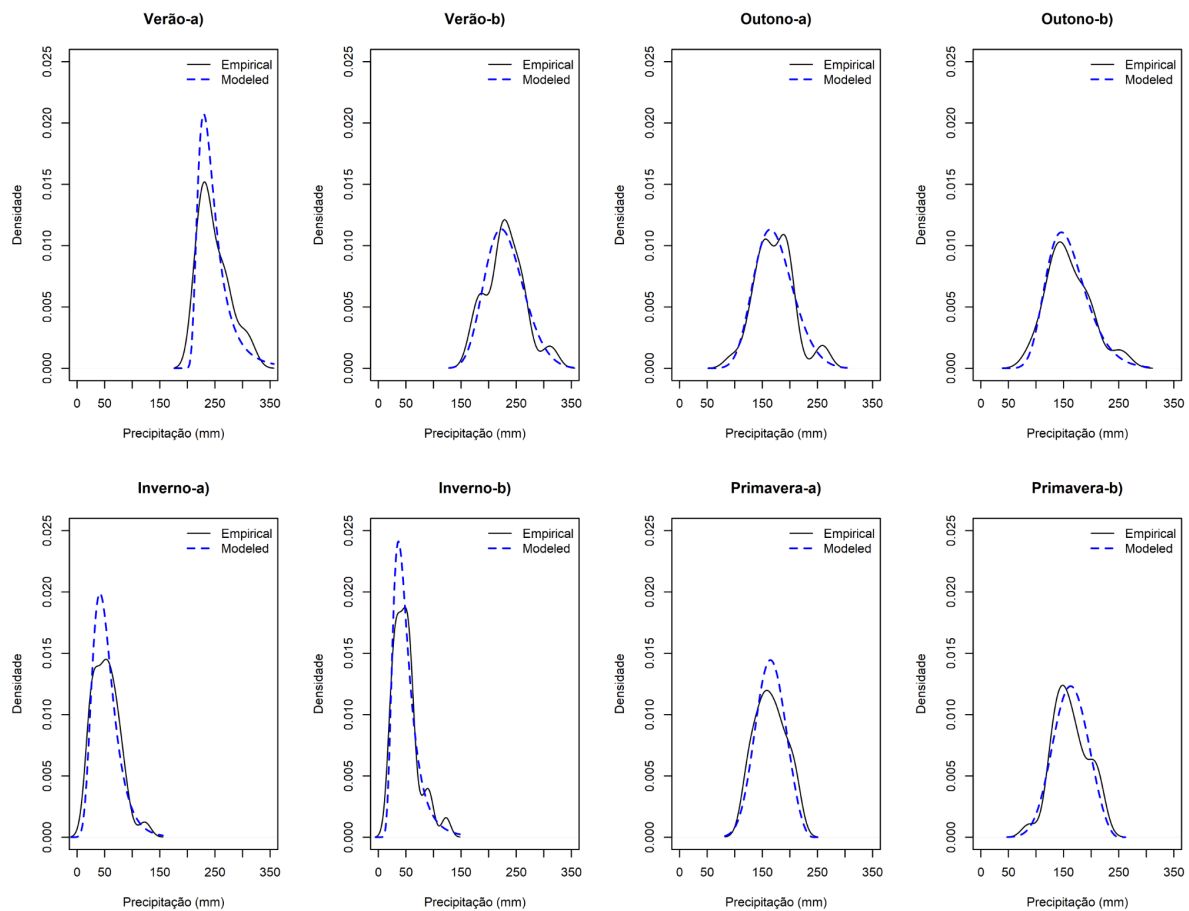
Buscando avaliar se o comportamento dos eventos extremos de precipitação foram alterados do recorte de 1981 a 2010 para o outro de 1991 a 2020, a Figura 8 ilustra os períodos de retorno nos distintos recortes da série temporal separados de forma sazonal. Analisando a figura é possível verificar que do recorte mais antigo para o mais recente, somente a estação de verão apresentou mudança na forma de distribuição, partindo de uma distribuição Fréchet para Weibull.

Figura 8: Períodos de retorno nos distintos recortes da série temporal separados de forma sazonal, em que: a) 1981 a 2010 e b) 1991 a 2020.



Após a aplicação da modelagem GEV, a Figura 9 exibe a distribuição das densidades de probabilidade dos diferentes períodos em análise comparado com a distribuição empírica dos dados, organizados de forma sazonal. É possível verificar que as distribuições no inverno do recorte mais recente e no verão do recorte mais antigo apresentaram modelos muito destoantes da curva de dados empíricos.

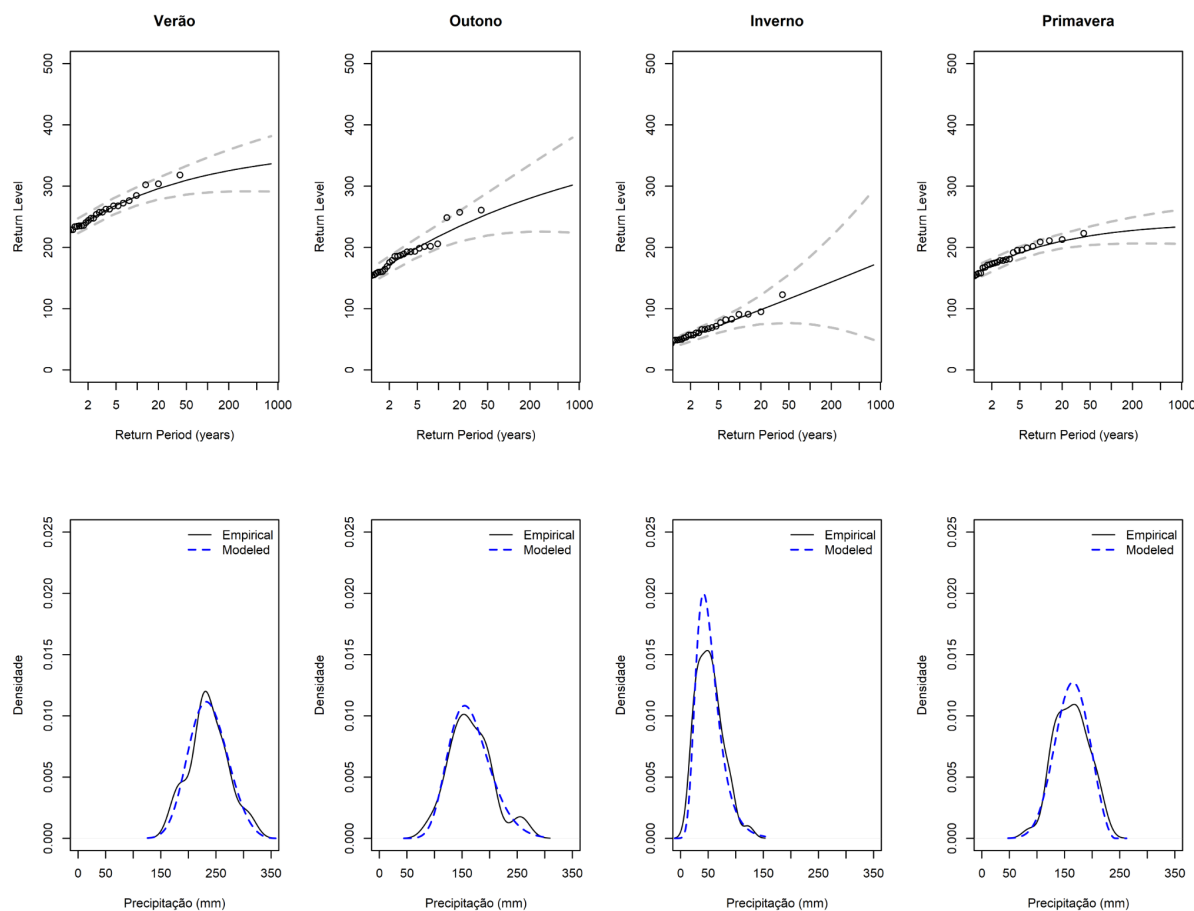
Figura 9: Distribuição da densidade de probabilidade dos diferentes recortes da série temporal separados de forma sazonal, em que a linha preta contínua se refere a distribuição dos dados empíricos e a linha pontilhada em azul se refere ao ajuste obtido através da modelagem GEV e a) se refere ao recorte de 1981 a 2010 e b) ao recorte de 1991 a 2020.



A Figura 10 ilustra os períodos de retorno e distribuição da densidade de probabilidade separados de forma sazonal ao longo de todo o período de estudo (1981-2020), exibindo a diferença de distribuição entre os intervalos de tempo. Foi possível verificar que grande parte das estações se adequam bem aos dados coletados, muito por conta de apresentarem a maior frequência em valores muito próximos e pontos de inflexão muito semelhantes, porém, na estação de inverno, ocorreu grande diferença do modelo obtido com a curva empírica. Os períodos de retorno das outras estações possuem distribuição distinta do inverno, apresentando uma distribuição de Fréchet; enquanto as demais expõem a distribuição de Weibull, o que corrobora com a hipótese de que os valores dos eventos extremos de precipitação ao longo da década de 1981 a 1990, provavelmente, são a causa

dessa mudança de comportamento na estação de verão, já que o recorte mais recente apresenta a mesma distribuição que o período de estudo (1981 a 2020).

Figura 10: Período de Retorno e Distribuição da densidade de probabilidade de toda a série temporal separados por estação, em que a linha preta contínua se refere a distribuição dos dados empíricos e a linha pontilhada em azul se refere ao ajuste obtido através da modelagem GEV.



Na Tabela 4 é possível observar a porcentagem de alteração nos níveis de retorno para períodos específicos de um recorte para o outro, com base nessas informações é possível avaliar qual o comportamento na intensidade dos eventos extremos. Na presente análise se observa que no verão a redução dos níveis de retorno aumentam com o passar dos anos, enquanto nas demais estações, verifica-se um aumento gradual. Nota-se que para menores períodos de tempo, para todas as estações, temos um redução no valor de precipitação extrema, apresentando redução de cerca de 9% em 2 anos no outono e inverno.

Tabela 4: Nível de alteração referentes à modelagem por GEV dos máximos sazonais.

Alteração	2	5	10	15	20	30	50	75	100
Verão (%)	-5,1	-2,3	-3,3	-4,7	-5,9	-8,1	-11,3	-14,1	-16,3
Outono (%)	-8,9	-6,1	-4,2	-3,1	-2,3	-1,3	0,1	1,1	1,9
Inverno (%)	-8,7	-7,9	-5,5	-3,8	-2,4	-0,3	2,6	5,1	7,0
Primavera (%)	-1,4	0,8	1,7	2,0	2,2	2,4	2,7	2,8	2,9

4. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo avaliar as mudanças de padrões de extremos sazonais na região sudeste do Brasil. Esse objetivo foi alcançado através do cálculo das estatísticas descritivas e análise das tendências a longo prazo dos valores de precipitação na região, seguida da aplicação da função de distribuição de probabilidade “Generalized Extreme Value” (GEV), que permitiu observar o comportamento desses extremos em diferentes recortes da série temporal de 1981 a 2020 e por fim, o cálculo da alteração dos níveis de retorno na área de estudo, tanto anual, quanto sazonalmente.

As conclusões são que os extremos máximos anuais de precipitação apresentaram diminuição em sua frequência e intensidade com o passar dos anos, apresentando redução de cerca de 6,3% no nível de retorno em 20 anos. Já na análise sazonal, a estação do verão apresentou um comportamento inverso ao das demais estações, com uma redução de aproximadamente 6% no período de 20 anos. As demais estações exibiram redução para períodos menores, mas, a longo prazo, apresentaram aumento.

Mais estudos devem ser feitos a fim de avaliar o comportamento dos eventos extremos de precipitação na área em questão, como por exemplo, buscar as causas da diferença de comportamento, a identificação dos períodos de mudança, entre outros. De qualquer forma, este estudo apresenta um método para realizar tal análise e o método apresentou-se como uma ferramenta de análise eficaz. Este estudo é necessário para a próxima etapa do projeto, que é a espacialização dos dados, a fim de caracterizar os diferentes tipos de regimes de precipitação ao longo do sudeste brasileiro.

Com os resultados obtidos, este estudo será apresentado no Seminário de Iniciação Científica e Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do INPE (SICINPE) em Agosto de 2021, com o intuito de incorporar os comentários e sugestões recebidas pelos avaliadores, pesquisadores e alunos que estarão presentes no simpósio na análise em questão.

Referências Bibliográficas

- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. FARIAS, A. A. DE. **Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 06, p. 1275–1291, 2011.
- AVILA-DIAZ, A. et al. **Climatological aspects and changes in temperature and precipitation extremes in viçosa-Minas Gerais.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 92, n. 2, p. 1–19, 2020.
- COLES, Stuart e colab. **An introduction to statistical modeling of extreme values.** [S.l.]: Springer, 2001. v. 208.
- FERREIRA, D. B. **Relação entre a variabilidade da precipitação e a produtividade agrícola de soja e milho nas regiões sul e sudeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia). p. 125, 2006.
- FISHER, Ronald Aylmer e TIPPETT, Leonard Henry Caleb. **Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample.** 1928, [S.l.]: Cambridge University Press, 1928. p. 180–190.
- GIMENEZ, D. F. S. **ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E OCORRÊNCIAS DE DESASTRES NATURAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO (1976 – 2012).** Dissertação (Mestrado em Geografia). p. 98. 2017.
- HAYLOCK, M. R. et al. **Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature.** Journal of Climate, v. 19, n. 8, p. 1490–1512, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema de contas regionais: Brasil: 2017.** 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do Censo 2010.** 2010.
- IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** 2014.
- IPCC. **Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** 2001.
- KENDALL, M.G. **Rank correlation methods.** Oxford, England: Griffin, 1948. (Rank correlation methods).
- MANN, Henry B. **Nonparametric Tests Against Trend.** Econometrica, v. 13, n. 3, p. 245–259, 1945.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. **Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento.** Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 485-494. 2016.
- MARENGO, J. A. et al. **Changing Trends in Rainfall Extremes in the Metropolitan Area of São Paulo: Causes and Impacts.** Frontiers in Climate, v. 2, n. August, p. 1–13, 2020.
- NERY, J. T.; SILVA, E. S.; CARFAN, A. C. **Distribuição da precipitação pluvial no Estado de São Paulo.** p. 10, 2009.
- PONTES, M. L. C. et al. **Dinâmica das áreas de várzea do município de Belém/PA e a influência da precipitação pluviométrica na formação de pontos alagamentos.** Caderno de Geografia, v. 27, n. 49, p. 285, 2017.
- REIS, R. V. **DESASTRES NATURAIS NA REGIÃO SUDESTE, ASSOCIADOS A EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). p. 77, 2015.
- SANTOS, Eliane Barbosa e LUCIO, Paulo Sérgio e SANTOS E SILVA, Cláudio Moisés. **Seasonal analysis of return periods for maximum daily precipitation in the Brazilian Amazon.** Journal of Hydrometeorology, v. 2012, n. 2013, p. 150204133202003, 2015.

SCHRÖDER, R. **Distribuição e Curso Anual Das Precipitações no Estado de São Paulo**. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, p. 59, 1956.

WILKS, D S. Chapter 4 - Parametric Probability Distributions. WILKS, DANIEL S (Org.). . **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. International Geophysics. [S.l.]: Academic Press, 2011. v. 100. p. 71–131. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012385022500004X>>.

YUE, Sheng e PILON, Paul e CAVADIAS, George. **Power of the Mann–Kendall and Spearman’s rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series**. Journal of Hydrology, v. 259, n. 1, p. 254–271, 2002.