

## INDICADORES DE EXTREMOS CLIMATOLÓGICOS ETCCDI: uma prática com os dados do Climate Engine

Rodrigo Cesar da Silva\*<sup>1,2</sup>; Willian José Ferreira<sup>1,2</sup>;  
Thiago Moura Figueredo<sup>1</sup>; Marcelo dos Santos Targa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Mestrado Acadêmico em Ciências Ambientais,  
Universidade de Taubaté – UNITAU, Taubaté, SP.

<sup>2</sup>Mestrado Profissional em Ecodesenvolvimento e Gestão Ambiental,  
Universidade de Taubaté - UNITAU, Taubaté, SP.

willian.jferreira@unitau.br; thiago.mfigueredo@unitau.br; mtarga@unitau.br

\*Autor correspondente: e-mail: rodrigo.silva978@etec.sp.gov.br

### RESUMO

As mudanças climáticas globais têm intensificado eventos extremos, como secas, inundações e ondas de calor, agravando vulnerabilidades sociais e ambientais. Neste contexto, compreender padrões de precipitação e temperatura é fundamental para avaliar perigos climáticos e subsidiar estratégias de planejamento urbano e políticas públicas. Este trabalho propõe a elaboração de um manual técnico para obtenção e análise de dados climáticos, utilizando os índices ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices), amplamente empregados em pesquisas científicas e relatórios do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). O estudo baseou-se em quatro etapas metodológicas: i) aquisição de dados de precipitação e temperatura no Climate Engine; ii) sistematização e controle de qualidade dos dados no Microsoft Excel; iii) cálculo dos índices ETCCDI utilizando o software Climpact v.3; e iv) interpretação gráfica dos resultados. Aplicando o método a uma série temporal de 44 anos, foram gerados índices climáticos que evidenciam tendências significativas, como o aumento da média das temperaturas máximas e eventos de precipitação extrema. Os resultados destacam a interdependência entre governança ambiental, infraestrutura adaptativa e educação climática. O manual técnico contribui como ferramenta prática para análise climática e planejamento urbano, mas apresenta limitações relacionadas à dependência de dados de reanálise. Estudos futuros podem expandir sua aplicação para diferentes regiões e integrar variáveis socioeconômicas para análises mais abrangentes.

**Palavras-chave:** mudanças climáticas, extremos, precipitação, temperatura.

## CLIMATE EXTREME INDICATORS ETCCDI: a practice with Climate Engine data

### ABSTRACT

Global climate change has intensified extreme events such as droughts, floods, and heatwaves, exacerbating social and environmental vulnerabilities. In this context, understanding

precipitation and temperature patterns is essential for assessing climate risks and supporting urban planning strategies and public policies. This study proposes the development of a technical manual for obtaining and analyzing climatic data using ETCCDI indices (Expert Team on Climate Change Detection and Indices), widely employed in scientific research and IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) reports. The study followed a four-step methodological approach: i) acquisition of precipitation and temperature data from Climate Engine; ii) systematization and quality control of data in Microsoft Excel; iii) calculation of ETCCDI indices using the Climact v.3 software; and iv) graphical interpretation of results. Applying the method to a 44-year time series, the generated climatic indices revealed significant trends, such as increased maximum temperature averages and extreme precipitation events. The results highlight the interdependence between environmental governance, adaptive infrastructure, and climate education. The technical manual serves as a practical tool for climatic analysis and urban planning but presents limitations related to reliance on reanalysis data. Future studies could expand its application to other regions and integrate socioeconomic variables for more comprehensive analyses.

**Keywords:** climate change, extremes, precipitation, temperature.

## 1. INTRODUÇÃO

O sexto relatório do IPCC (2021) confirma a realidade das mudanças climáticas globais, intensificadas pela interferência humana por meio da emissão excessiva de gases de efeito estufa. O aquecimento médio da Terra, já 1,1°C acima dos níveis pré-industriais, tem acelerado nas últimas décadas, resultando em eventos climáticos extremos mais frequentes, como secas, inundações e ondas de calor. De modo evidente, esses fenômenos têm desencadeado desastres com graves impactos econômicos e sociais, destacando a urgência de ações globais para mitigação e adaptação.

No contexto brasileiro, a exposição a desastres é elevada, com impactos severos na sociedade. As chuvas, por exemplo, têm deflagrado desastres de diferentes categorias. Entre os casos notáveis estão a seca no Sudeste, entre 2014 e 2015, que motivou a transposição de águas da bacia do Rio Paraíba do Sul para o Sistema Cantareira (NOBRE et al., 2016), e a seca no Nordeste, entre 2010 e 2016, que resultou em graves prejuízos econômicos e sociais para a região (MARENGO et al., 2017).

Deslizamentos de terra, desencadeados por chuvas extremas, impactam regiões de relevo com alta declividade e são particularmente perigosos quando ocorrem à noite, pois inviabilizam sistemas de alerta antecipado e aumentam a vulnerabilidade da população. Exemplos incluem os deslizamentos em Campos do Jordão/SP, em 2000 (MENDES et al., 2017), e em Petrópolis/RJ, em 2022 (ALCANTARA et al., 2023). Chuvas extremas também desencadearam enchentes e inundações, como no Rio Grande do Sul em 2024, considerado o maior desastre, em termos de proporção, registrado no Brasil (MARENGO et al., 2024).

Os desastres impactam com maior intensidade as parcelas mais vulneráveis da população brasileira, agravados pelas desigualdades econômicas que frequentemente levam populações de baixa renda a ocupar áreas de risco. Em um contexto de mudanças climáticas, compreender o comportamento das chuvas e temperaturas torna-se indispensável para aumentar a resiliência social frente aos desastres, facilitando a análise de perigos e contribuindo para o planejamento urbano, reduzindo a exposição das comunidades.

Nesse sentido, a seguinte questão emerge: como a análise dos índices climáticos ETCCDI, baseados em dados de precipitação e temperatura, pode subsidiar estratégias de planejamento urbano e políticas públicas para mitigar os impactos dos eventos climáticos

extremos no Brasil? Essa pergunta sintetiza a problemática apresentada, articulando a análise dos indicadores ETCCDI às ações práticas necessárias para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e seus efeitos socioeconômicos.

Com base nesse contexto, este trabalho propõe a elaboração de um manual técnico voltado para a obtenção de dados de precipitação e temperatura e para o cálculo dos índices ETCCDI, amplamente empregados em pesquisas científicas e nos relatórios do IPCC na avaliação de eventos climáticos extremos e suas mudanças temporais. A estrutura do artigo está organizada em quatro etapas: i) aquisição de dados de precipitação e temperatura; ii) sistematização; iii) cálculo dos indicadores de extremos climáticos ETCCDI; e iv) interpretação gráfica dos resultados.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Dados de precipitação e temperatura

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos por meio da plataforma Climate Engine, acessível no endereço eletrônico <https://www.climateengine.org/>. Desenvolvida em 2014, a ferramenta visa facilitar o acesso a um extenso conjunto de dados climáticos, oferecendo recursos para visualização e download sem a necessidade de outros aplicativos complementares. Além disso, os produtos disponibilizados, como séries temporais, gráficos e imagens, podem ser compartilhados livremente, ampliando sua aplicabilidade.

Para a análise dos indicadores de extremos climáticos relacionados à precipitação e temperatura, bem como os índices de seca, foram utilizados dados diários de precipitação e temperatura. De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (WMO), a determinação de uma normal climatológica requer, no mínimo, 30 anos de observação. Contudo, estudos voltados para mudanças climáticas demandam períodos mais extensos para assegurar robustez analítica. Assim, para o exemplo prático apresentado neste artigo técnico, adotou-se uma série histórica de 44 anos, compreendendo o período de 1980 a 2023.

Os conjuntos de dados disponibilizados pela Climate Engine utilizados para a análise são descritos na Tabela 1. A ferramenta também oferece acesso a uma ampla variedade de outros dados climáticos, sendo recomendável a consulta ao manual oficial, disponível em <https://support.climateengine.org/article/14-get-started>, para explorar suas funcionalidades.

**Tabela 1.** Conjuntos de dados de precipitação e temperatura disponíveis no software Climate Engine

Dados	Resolução espacial	Período	Variáveis	Tipo
CHIRPS	4,8 km	1981 - Atual	PPT	Estimativa
CFS	19,2 km	1979 - Atual	PPT, T <sub>max</sub> , T <sub>min</sub> , T <sub>med</sub>	Reanálise
CPC CMORPH	25 km	1998 - Atual	PPT	Estimativa
ERA5	24 km	1979 - Atual	PPT, T <sub>max</sub> , T <sub>min</sub> , T <sub>med</sub>	Reanálise
ERA5 Ag	9,6 km	1979 - Atual	PPT, T <sub>max</sub> , T <sub>min</sub> , T <sub>med</sub>	Reanálise
Era5 Land	11,1km	1950 - Atual	PPT, T <sub>max</sub> , T <sub>min</sub> , T <sub>med</sub>	Reanálise
GPM	11 km	2000 - Atual	PPT	Estimativa
MERRA2	50 km	1980 - Atual	PPT, T <sub>max</sub> , T <sub>min</sub>	Reanálise
PERSIANN	24 km	1983 - Atual	PPT	Estimativa
TRMM	28 km	1998 - Atual	PPT	Estimativa

Legenda: PPT – precipitação; T<sub>max</sub> – temperatura máxima; T<sub>min</sub> – temperatura mínima; T<sub>med</sub> - Temperatura média. Os dados CFS tinha resolução espacial de 28,8 km até 2011.

Fonte: elaborado pelos autores

Para o cálculo dos índices de extremos climáticos relacionados à temperatura e precipitação, foi selecionado o conjunto de dados ERA5 Land, que utiliza reanálises atmosféricas detalhadas para gerar informações de alta qualidade.

## 2.2 Indicadores de chuvas extremas ETCCDI

Os indicadores de extremos climáticos ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) foram desenvolvidos a partir de 1999, com financiamento do World Climate Research Program (WCRP) e da Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM). O desenvolvimento desses índices resultou de uma cooperação internacional que buscou analisar as variações nos extremos meteorológicos, considerando os cenários de mudanças climáticas globais.

Atualmente, o conjunto de indicadores ETCCDI inclui 35 índices, conforme descrito por Alexander e Harold (2016), destinados à análise das mudanças nos extremos de precipitação e temperatura do ar. Os índices permitem medições em escalas mensais e anuais, sendo amplamente utilizados para distinguir variações climáticas naturais das alterações induzidas por ações antrópicas. Além desses, são calculados dois indicadores específicos de seca: o SPI (Standardized Precipitation Index) e o SPEI (Standardised Precipitation Evapotranspiration Index).

Os indicadores podem ser aplicados a diferentes tipos de dados, como observações meteorológicas, estimativas e reanálises de precipitação e temperatura. Também são amplamente utilizados em simulações de Modelos Climáticos Globais, tanto para a calibração com séries históricas quanto para projeções baseadas em cenários futuros de emissões de gases de efeito estufa (cenários RCP – Representative Concentration Pathway). Essa aplicação auxilia na avaliação da confiabilidade dos modelos e na identificação de eventuais problemas, como dados discrepantes ou enviesados. Detalhes completos sobre os índices ETCCDI estão disponíveis em <https://climimpact-sci.org/indices/>.

## 2.3 Software Climpect v.3

Neste estudo, os indicadores ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) foram calculados com o uso do software Climpect v.3, uma ferramenta avançada baseada no programa RClindex. Este software foi desenvolvido com apoio financeiro da Organização Meteorológica Mundial (WMO) para atender à demanda da Commission for Climatology (CCI), em colaboração com a Universidade de New South Wales. O Climpect v.3 utiliza a linguagem R para o processamento de dados climáticos e está disponível para download em <https://github.com/ARCCSS-extremes/climpect/>, permitindo ampla acessibilidade para pesquisadores. Instruções detalhadas sobre o processo de instalação e uso do software podem ser encontradas no tutorial em vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Nb-yt3gSnQw>.

A escolha pela versão online do Climpect v.3 foi motivada pela intenção de popularizar o uso dos indicadores ETCCDI, promovendo uma maior acessibilidade ao conhecimento técnico e facilitando sua aplicação prática em diferentes contextos. Essa abordagem também elimina possíveis barreiras associadas à instalação do software em sistemas operacionais distintos, garantindo maior flexibilidade no processamento dos dados.

Para otimizar o fluxo de trabalho, o Microsoft Excel foi empregado como ferramenta complementar para a sistematização e organização dos dados climáticos antes de sua inserção no Climpect v.3. O uso do Excel permitiu o controle de qualidade das séries temporais, a conversão de formatos e a padronização das variáveis, assegurando a consistência e a precisão dos dados. Essa etapa prévia de organização foi fundamental para garantir que os dados

processados pelo Climact v.3 estivessem em conformidade com os requisitos do software, permitindo uma análise eficiente e confiável dos índices climáticos extremos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Download de dados de precipitação e temperatura

O processo para download de dados de precipitação e temperatura requer o acesso ao site Climate Engine (Huntington et al., 2017), disponível no endereço <https://www.climateengine.org/>. Para iniciar o aplicativo, deve-se clicar na opção Launch App, conforme ilustrado na Figura 1a. O acesso ao sistema exige autenticação, que pode ser realizada utilizando uma conta do Google ou, alternativamente, por meio de um registro prévio diretamente no site da instituição, como demonstrado na Figura 1b. Esse procedimento assegura acesso a uma ampla base de dados climáticos de alta resolução, com ferramentas integradas para visualização, análise e download de informações relevantes para estudos científicos.



Figura 1. Página de acesso inicial ao Software Climate Engine  
Fonte: Elaborado pelos autores

Após acessar a plataforma Climate Engine, recomenda-se seguir os passos descritos neste artigo, possibilitando sua replicação em outras localidades (Figura 2a):

1. Clicar na opção Make Graph.

Na seção Get Time Series:

2. Em Time Series Calculation, selecionar as opções:

- Native Time Series
- One Variable Analysis

Na seção Region:

3. Clicar no símbolo de seta para cima (Upload Region, azul) e preencher a janela com os seguintes valores de coordenadas geográficas:

- Latitude:  $-23.0332^{\circ}$  (north)
- Longitude:  $-45.5093^{\circ}$  (east)

Essas coordenadas correspondem à localização da estação meteorológica do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (Figura 2b).

Na seção Variable 1 (Figura 2c):

4. Selecionar as opções:

- Type: Climate & Hydrology
- Datasets: ERA5 Land – 11.1km Daily
- Variable: Precipitation (PPT)
- Computational Resolution (Scale) será automaticamente selecionada.

Na seção Time Period:

5. Selecionar Custom Date Range.

6. Definir o intervalo de tempo:

- Start Date: 1980-01-01 (primeiro dia de 1980)
- End Date: 2023-12-31 (último dia de 2023)

7. Finalizar clicando na opção Get Time Series.

A Figura 2 ilustra as etapas mencionadas, facilitando sua execução prática.

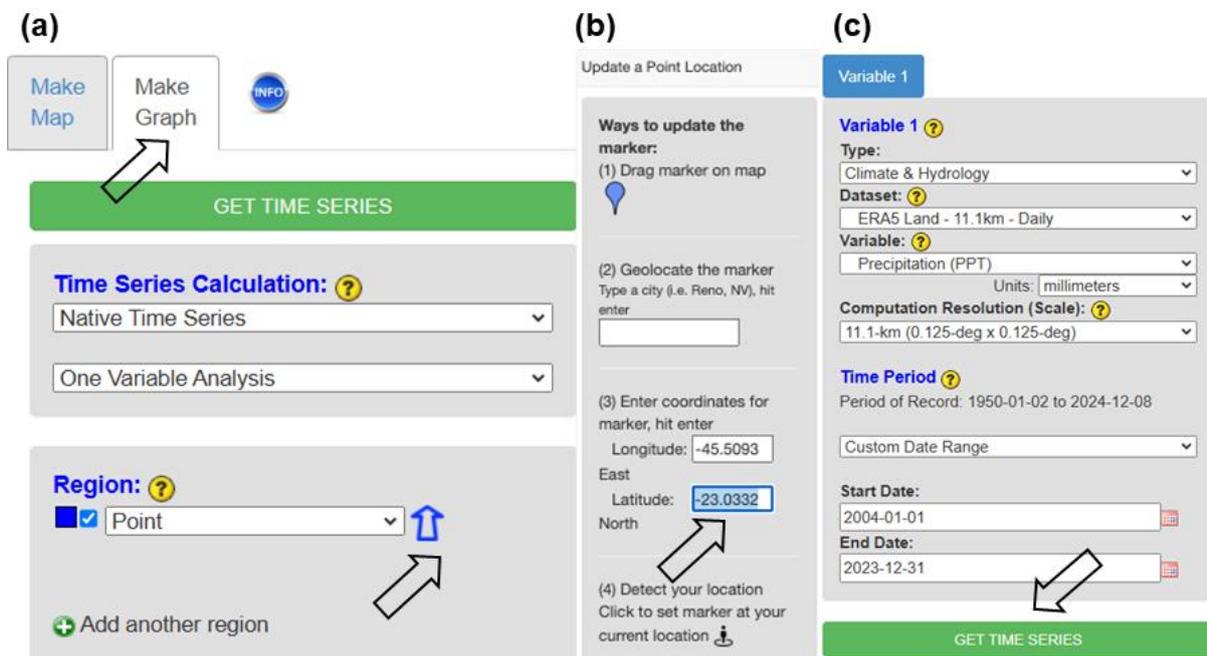


Figura 2. Etapas para download dos dados no Climate Engine.

Fonte: Elaborado pelos autores

Neste estudo, foi selecionado um período de análise de 44 anos (1980-2023) para a avaliação de precipitação e temperatura. No entanto, devido à possibilidade de erros de processamento associados à grande extensão temporal, recomenda-se fragmentar os dados em dois intervalos de 22 anos cada, com posterior consolidação no software Microsoft Excel. Essa abordagem reduz o risco de inconsistências e facilita a manipulação dos dados. Após o

processamento, os dados podem ser exportados do Climate Engine clicando na opção Download e selecionando Download XLS, conforme ilustrado na Figura 3.

O download dos dados de temperatura máxima e mínima segue os mesmos passos descritos anteriormente, com a modificação no item f da seção Variable, onde deve ser selecionada a opção Maximum Temperature para a temperatura máxima e Minimum Temperature para a temperatura mínima, como ilustrado na Figura 2c. Após o download dos dados de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, é necessário consolidar essas séries em uma única planilha, obedecendo à ordem: data, precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima. Essa estrutura está exemplificada na Figura 4a. Durante a consolidação, é indispensável realizar um controle de qualidade rigoroso, verificando se não há lacunas ou inconsistências na série temporal, como dias ou meses ausente, que possam comprometer as análises futuras.

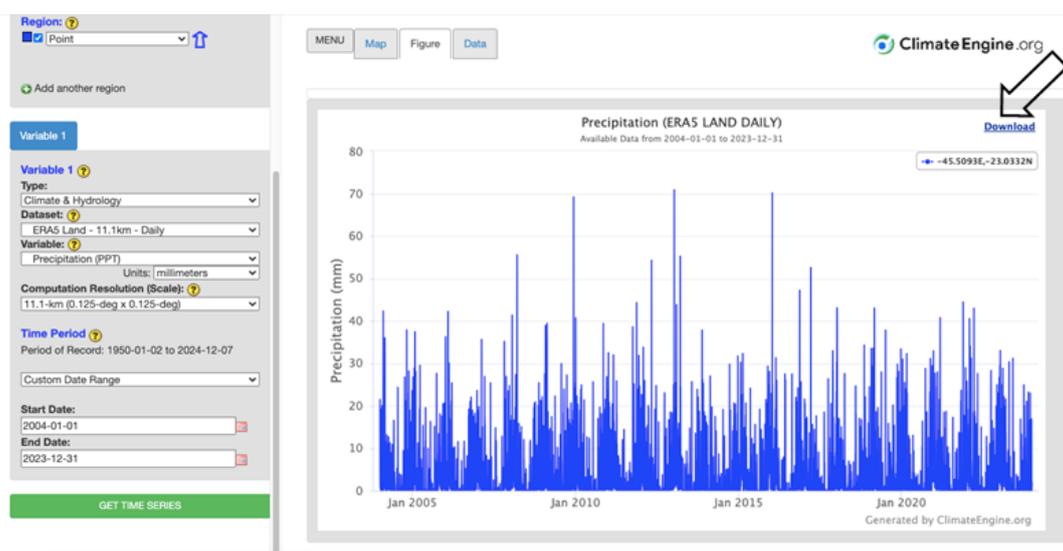


Figura 3. Download dos dados de precipitação ERA5 Land.  
Fonte: Elaborado pelos autores

Depois de organizadas as séries de dados, o formato da planilha deve ser adaptado para o processamento no software Climptac v.3. A estrutura recomendada consiste em:

- Coluna A: ano (com quatro dígitos);
- Coluna B: mês (com dois dígitos);
- Coluna C: dia (com dois dígitos);
- Coluna D: valores de precipitação (com uma casa decimal de precisão);
- Coluna E: valores de temperatura máxima (com uma casa decimal de precisão);
- Coluna F: valores de temperatura mínima (com uma casa decimal de precisão).

Para organizar as colunas de ano, mês e dia, pode-se utilizar a função "Extrair Texto" no Microsoft Excel. Para o ano, aplica-se a fórmula =EXT.TEXTO(A1;1;4) na coluna E, replicando-a para todas as linhas. Para o mês, utiliza-se a fórmula =EXT.TEXTO(A1;6;2) na coluna F. Por fim, para o dia, insere-se a fórmula =EXT.TEXTO(A1;9;2) na coluna G, replicando-a para toda a série temporal, conforme demonstrado na Figura 4b. Após essa sistematização, a coluna original de data, gerada pelo Climate Engine, deve ser excluída, deixando as três primeiras colunas organizadas exclusivamente com os dados de ano, mês e dia, conforme ilustrado na Figura 4c.

Finalizada essa organização, os dados devem ser salvos em formato de texto, com a extensão .txt, para compatibilidade com o software Climpect v.3. É altamente recomendável fazer um backup da planilha original no formato nativo do Microsoft Excel (.xlsx), assegurando a preservação dos dados brutos.

Outro ponto relevante é a necessidade de uniformizar a separação decimal utilizando pontos, conforme padrão em países de língua inglesa. Essa alteração é essencial para evitar erros de leitura durante o processamento no Climpect v.3. A substituição deve ser realizada no arquivo de texto utilizando o Bloco de Notas no sistema operacional Windows ou o Editor de Texto no MacOS, conforme ilustrado na Figura 4d. Ao concluir todas essas etapas, os dados estarão devidamente preparados para análise no software Climpect v.3, garantindo precisão e consistência nos cálculos dos índices climáticos extremos.

(a)

	A	B	C	D	E	F
1	1980-01-01	29,89	21,71	16,71		
2	1980-01-02	3,09	23,02	15,43		
3	1980-01-03	0,10	24,67	15,15		
4	1980-01-04	0,00	25,60	14,33		
5	1980-01-05	0,11	26,24	15,81		
6	1980-01-06	0,00	28,69	15,15		
7	1980-01-07	0,05	29,00	16,15		
8	1980-01-08	4,28	27,78	18,88		
9	1980-01-09	11,31	24,75	19,35		
10	1980-01-10	11,89	25,42	19,35		
11	1980-01-11	23,78	26,71	18,19		
12	1980-01-12	16,89	24,38	19,45		
13	1980-01-13	4,82	23,30	18,37		
14	1980-01-14	1,33	24,06	17,57		

(b)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1980-01-01	29,89	21,71	16,71	1980	01	01	
2	1980-01-02	3,09	23,02	15,43	1980	01	02	
3	1980-01-03	0,10	24,67	15,15	1980	01	03	
4	1980-01-04	0,00	25,60	14,33	1980	01	04	
5	1980-01-05	0,11	26,24	15,81	1980	01	05	
6	1980-01-06	0,00	28,69	15,15	1980	01	06	
7	1980-01-07	0,05	29,00	16,15	1980	01	07	
8	1980-01-08	4,28	27,78	18,88	1980	01	08	
9	1980-01-09	11,31	24,75	19,35	1980	01	09	
10	1980-01-10	11,89	25,42	19,35	1980	01	10	
11	1980-01-11	23,78	26,71	18,19	1980	01	11	
12	1980-01-12	16,89	24,38	19,45	1980	01	12	
13	1980-01-13	4,82	23,30	18,37	1980	01	13	
14	1980-01-14	1,33	24,06	17,57	1980	01	14	

(c)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1980	01	01	29,9	21,7	16,7		
2	1980	01	02	3,1	23,0	15,4		
3	1980	01	03	0,1	24,7	15,2		
4	1980	01	04	0,0	25,6	14,3		
5	1980	01	05	0,1	26,2	15,8		
6	1980	01	06	0,0	28,7	15,1		
7	1980	01	07	0,1	29,0	16,2		
8	1980	01	08	4,3	27,8	18,9		
9	1980	01	09	11,3	24,8	19,3		
10	1980	01	10	11,9	25,4	19,3		
11	1980	01	11	23,8	26,7	18,2		
12	1980	01	12	16,9	24,4	19,5		
13	1980	01	13	4,8	23,3	18,4		
14	1980	01	14	1,3	24,1	17,6		

(d)

1980	01	01	29,9	21,7	16,7
1980	01	02	3,1	23,0	15,4
1980	01	03	0,1	24,7	15,2
1980	01	04	0,0	25,6	14,3
1980	01	05	0,1	26,2	15,8
1980	01	06	0,0	28,7	15,1
1980	01	07	0,1	29,0	16,2
1980	01	08	4,3	27,8	18,9
1980	01	09	11,3	24,8	19,3
1980	01	10	11,9	25,4	19,3
1980	01	11	23,8	26,7	18,2
1980	01	12	16,9	24,4	19,5
1980	01	13	4,8	23,3	18,4
1980	01	14	1,3	24,1	17,6
1980	01	15	1,5	23,5	17,4
1980	01	16	4,9	24,9	17,0
1980	01	17	19,7	23,6	19,4
1980	01	18	13,8	25,2	18,6
1980	01	19	8,1	26,5	18,7
1980	01	20	4,2	29,6	18,8
1980	01	21	11,1	26,7	20,0
1980	01	22	5,4	25,4	19,0
1980	01	23	1,5	28,7	17,2

Figura 4. Organização dos dados de precipitação e temperatura para uso no Climpect v.3.

Fonte: Elaborado pelos autores

### 3.2 Cálculo dos índices ETCCDI com o Software Climpect v.3

O cálculo dos índices ETCCDI (ALEXANDER et al., 2019) é realizado por meio da plataforma Climpect v.3, acessível no endereço <https://climpect-sci.org/>. O processo é iniciado clicando no menu Start Using Climpect, conforme ilustrado na Figura 5a. Na janela subsequente, deve-se selecionar a opção Use Climpect Online (Figura 5b) e, em seguida, optar pela funcionalidade Process Single Station (Figura 5c).

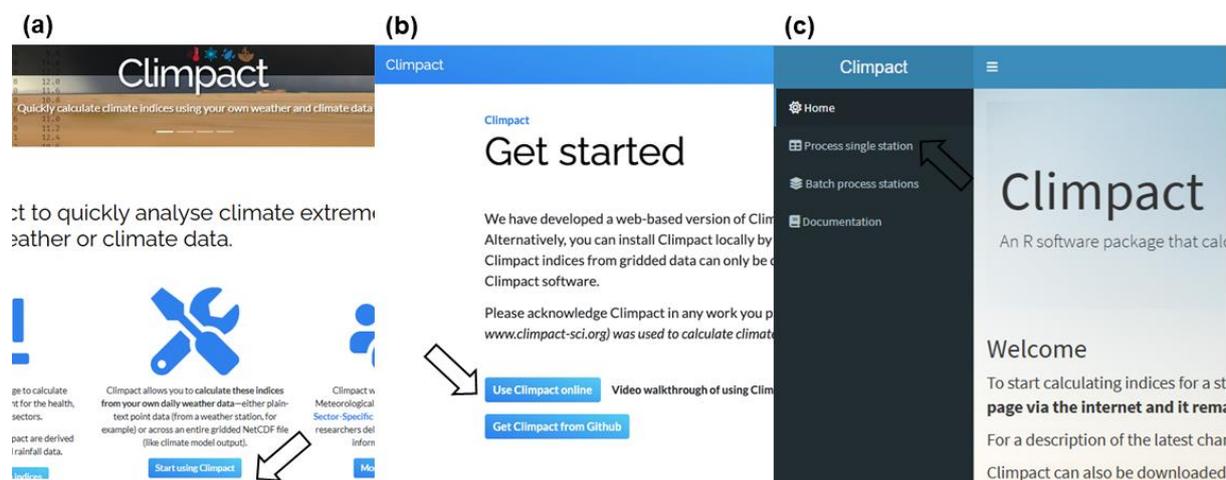


Figura 5. Etapas iniciais para cálculo dos índices ETCCDI no Software Climpact v.3  
 Fonte: Elaborado pelos autores

Na janela seguinte, os campos devem ser preenchidos com base na localidade de aquisição dos dados climatológicos (município de Taubaté, sendo recomendado não utilizar acentuação na palavra), latitude e longitude do local e o período de análise de dados (1980-2023), conforme Figura 6. Por último, deve-se clicar em *Next*.

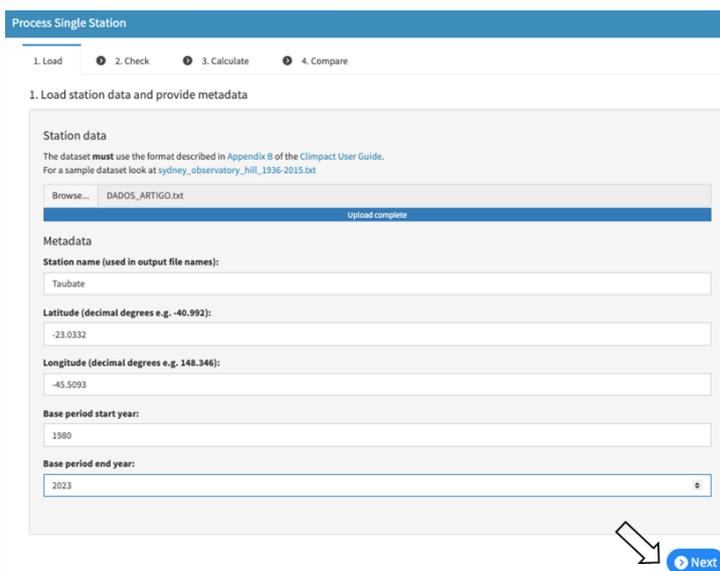


Figura 6. Preenchimento das informações de local e período de análise com os indicadores ETCCDI.  
 Fonte: Elaborado pelos autores

Posteriormente deve-se o fazer o controle de qualidade dos dados no aplicativo do Climpact, para verificação de inconsistência e falhas de dados. Para tanto, deve-se clicar em Check data quality, e posteriormente em Next, conforme Figura 7a. Na janela seguinte, deve-se clicar novamente em Next (Figura 7b). Subsequentemente, recomendamos não alterar os campos preenchidos automaticamente pelo software, conforme Figura 7c, e clicar em Calculate índices na nova janela que se abrirá. Para fazer o download dos dados deve-se clicar em Calculated indices available here. Após o download dos dados, os arquivos estarão separados em seis pastas distintas, com os dados organizados da seguinte forma:

- a) A pasta plots contém os arquivos de imagem para cada índice;

- b) A pasta indices contém os arquivos com os valores plotados para cada índice;
- c) A pasta trend contém os arquivos contendo informações de tendência linear para cada índice.
- d) A pasta thres contém dois arquivos com os dados de limiares calculados para as variáveis.
- e) A pasta qc contém informações de diagnóstico de controle de qualidade.
- f) A pasta corr contém gráficos e arquivos abrangendo as correlações entre os dados anuais da área de estudo e os índices (estará vazia para os limiares escolhidos nessa pesquisa).

Esses resultados organizados permitem uma análise detalhada e estruturada dos índices climáticos, facilitando a interpretação e aplicação dos dados em estudos sobre eventos climáticos extremos e mudanças temporais na área de estudo.

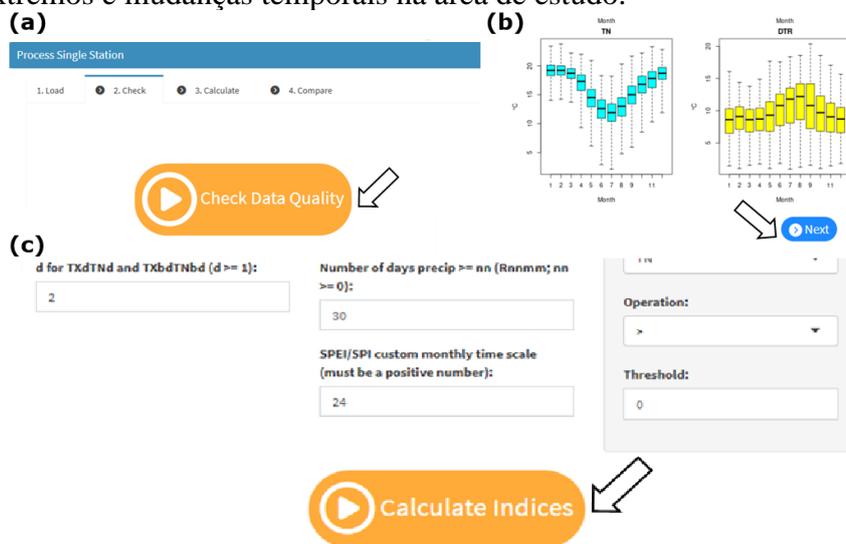


Figura 7. Etapas de preenchimento dos dados Climact v.3  
Fonte: Elaborado pelos autores

### 3.3 Interpretação dos gráficos e tabela ETCCDI

Após a realização dos cálculos, a interpretação dos gráficos e tabelas gerados pelo Climact v.3 é fundamental para compreender os indicadores de extremos climáticos. Os gráficos apresentam informações padronizadas para os índices de precipitação, temperatura e seca, conforme ilustrado na Figura 8.

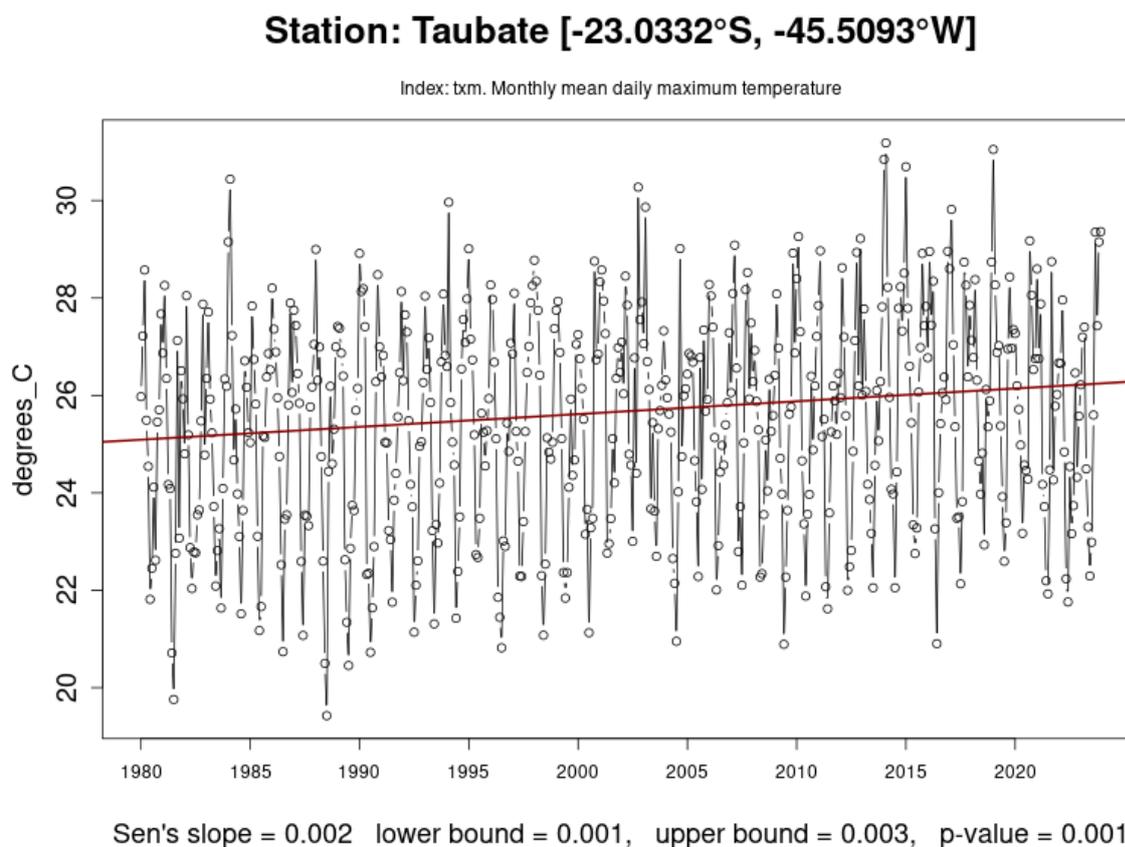


Figura 8. Gráfico de indicador ETCCDI gerado pelo aplicativo Climpect v.3

Fonte: Climpect, 2024

No título do gráfico, é indicado o nome da localidade analisada, neste caso o município de Taubaté/SP, acompanhado pelas coordenadas geográficas do local de obtenção dos dados. A linha subsequente apresenta o índice representado no gráfico, como o TXm, que corresponde à média mensal das temperaturas máximas diárias. A área gráfica exibe a unidade de medida utilizada (°C), os valores médios mensais e uma linha de tendência, que no exemplo analisado é positiva, indicando um aumento progressivo do indicador.

Na parte inferior do gráfico, encontra-se o Sen's slope, ou teste de inclinação de Sen, que calcula a inclinação da série temporal. A unidade de medida é a mesma do conjunto de dados analisado; neste caso, o valor indica um aumento de 0,002°C por mês. Os valores lower bound e upper bound representam os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% para a inclinação estimada. Assim, a inclinação mensal da temperatura máxima média diária pode variar entre 0,001°C (limite inferior) e 0,003°C (limite superior).

Por fim, o p-value, obtido pelo teste estatístico de Mann-Kendall, avalia a significância estatística da série de dados. No exemplo apresentado, o p-value é de 0,001, indicando que a tendência observada é estatisticamente significativa, uma vez que o valor está dentro do intervalo de confiança de 95% ( $p \leq 0,05$ ). Essas informações permitem uma análise detalhada e estatisticamente robusta dos índices climáticos, subsidiando a compreensão das tendências de longo prazo e suas implicações para estudos sobre mudanças climáticas.

Diante dessa proposta instrumental, a pergunta de pesquisa – *Como a análise dos índices climáticos ETCCDI, com base em dados de precipitação e temperatura, pode subsidiar estratégias de planejamento urbano e políticas públicas para mitigar os impactos dos eventos climáticos extremos no Brasil?* – encontra respostas nos resultados apresentados, que reforçam a relevância da elaboração de um manual técnico voltado para a aquisição, processamento e

interpretação de dados climáticos. A proposta apresentada no estudo contribui para análises robustas, alinhadas às necessidades de planejamento em contextos de vulnerabilidade climática.

O manual técnico estruturado neste trabalho oferece um roteiro detalhado e replicável, desde a obtenção de dados de precipitação e temperatura até o cálculo e interpretação de índices ETCCDI por meio do software Climact v.3. A sistematização das etapas assegura que os dados climáticos possam ser analisados de forma rigorosa, ampliando a acessibilidade e aplicabilidade das informações em diferentes regiões e contextos temporais. O enfoque no controle de qualidade e na apresentação gráfica dos resultados reforça a utilidade prática da ferramenta para apoiar a tomada de decisões.

Os índices ETCCDI, ao evidenciar tendências de temperatura e precipitação, proporcionam uma base científica para identificar mudanças climáticas locais e regionais, contribuindo diretamente para estratégias de planejamento urbano e políticas públicas. A visualização gráfica das tendências facilita a tradução de dados técnicos em informações compreensíveis e acionáveis, auxiliando gestores na elaboração de intervenções direcionadas à mitigação dos impactos climáticos.

A proposta apresentada no estudo é particularmente relevante para pesquisadores e gestores públicos que buscam compreender os efeitos das mudanças climáticas e implementar medidas de adaptação e mitigação. O manual técnico proposto promove o uso de indicadores climáticos em análises locais, fortalecendo a capacidade de planejamento e contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de resiliência e sustentabilidade em um contexto de variabilidade climática crescente.

## 4. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo a elaboração de um manual técnico voltado para a obtenção de dados de precipitação e temperatura, bem como para o cálculo dos índices ETCCDI, amplamente utilizados em pesquisas científicas e nos relatórios do IPCC para avaliar eventos climáticos extremos e suas mudanças temporais. A estrutura do trabalho abordou as etapas de aquisição, sistematização, cálculo e interpretação gráfica dos índices, propondo um roteiro detalhado e replicável para análises climáticas. Essa contribuição busca preencher lacunas práticas no uso de ferramentas climáticas e fortalecer a conexão entre ciência e planejamento urbano em contextos de crescente vulnerabilidade climática.

A contribuição prática do manual reside na sua capacidade de oferecer um guia acessível e detalhado para pesquisadores, gestores públicos e técnicos interessados em avaliar mudanças climáticas locais e regionais. O manual facilita a implementação de metodologias robustas, garantindo que dados de precipitação e temperatura sejam processados e analisados de forma rigorosa, possibilitando a identificação de tendências e extremos climáticos. Socialmente, a aplicação do manual pode subsidiar políticas públicas e estratégias de planejamento urbano voltadas à mitigação de impactos climáticos, promovendo maior resiliência em comunidades vulneráveis.

Entretanto, o estudo apresenta algumas limitações. A principal delas é a dependência de dados climáticos de reanálise, que, embora amplamente utilizados, podem conter incertezas associadas a processos de modelagem. Além disso, a análise se restringiu a uma localidade específica, o que limita a generalização dos resultados para outras regiões com características climáticas ou socioeconômicas distintas. Por fim, o método adotado enfatiza a análise climática em nível local, sem incorporar variáveis socioeconômicas que poderiam enriquecer a discussão sobre vulnerabilidade e adaptação.

Para futuras pesquisas, recomenda-se: i) expandir o uso do manual para diferentes regiões, explorando a aplicabilidade em contextos climáticos e socioeconômicos variados; ii)

integrar indicadores climáticos com dados socioeconômicos para avaliar a vulnerabilidade e a resiliência de comunidades locais de forma mais abrangente; e iii) explorar o uso de outras ferramentas analíticas, além do Climact v.3, para comparar metodologias e validar os resultados obtidos. Essas direções futuras podem ampliar o impacto do manual técnico e contribuir ainda mais para o enfrentamento dos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são direcionados aos Programas de Mestrado Profissional em Ecodesenvolvimento e Gestão Ambiental (MPEDGA) e Mestrado Acadêmico em Ciências ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU), além do Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi), pelo apoio técnico e institucional, bem como pelo aporte financeiro que possibilitaram a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E.; MARENGO, J.; MANTOVANI, J.; LONDE, L.; SAN, R.; PARK, E.; LIM, Y.; WANG, J.; MENDES, T.; CUNHA, A.; PAMPUCH, L.; SELUCHI, M.; SIMÕES, S.; CUARTAS, A.; GONÇALVES, D.; MASSI, K.; ALVALÁ, R.; MORAES, O.; SOUZA FILHO, C.; MENDES, R.; NOBRE, C. **Deadly disasters in southeastern South America: flash floods and landslides of February 2022 in Petrópolis, Rio de Janeiro.** *Natural hazards and earth system sciences*, v. 23, n. 3, p. 1157-1175, 2023.
- ALEXANDER, L. V.; FOWLER, H. J.; BADOR, M.; BEHRANGI, A.; DONAT, M. G.; DUNN, R.; FUNK, C.; GOLDIE, J.; LEWIS, E.; ROGÉ, M.; SENEVIRATNE, S. I., V.; VENUGOPAL, V. On the use of indices to study extreme precipitation on sub-daily and daily timescales. *Environmental Research Letters*, v. 14, n. 12, p. 125008, 2019.
- ALEXANDER, L.; HEROLD, N. **ClimPACT2 Indices and software: A document prepared on behalf of The Commission for Climatology (CCI) Expert Team on Sector-Specific Climate Indices (ET-SCI), 2016.** Disponível em: <[https://epic.awi.de/id/eprint/49274/1/ClimPACTv2\\_manual.pdf](https://epic.awi.de/id/eprint/49274/1/ClimPACTv2_manual.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- HUNTINGTON, J; HEGEWISCH, K.; DAUDERT, B.; MORTON, C.; ABATZOGLOU, J.; MCEVOY, D.; ERICKSON, T. **Climate engine: Cloud computing and visualization of climate and remote sensing data for advanced natural resource monitoring and process understanding.** *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 98, n. 11, p. 2397-2410, 2017.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 2391, 2021.
- MARENGO, J.; ALVES, L; ALVALA, R; CUNHA, A.; BRITO, S.; MORAES, O. **Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 2 suppl 1, p. 1973-1985, 2017.

- 
- MARENGO, J.; DOLIF, G.; CUARTAS, A.; CAMARINHA, P.; GONÇALVES, D.; LUIZ, R.; SILVA, L.; ALVALA, R.; SELUCHI, M.; MORAES, O.; SOARES, W; NOBRE, C. **O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024**. ESTUDOS AVANÇADOS (ONLINE), v. 38, p. 203-228, 2024.
- MENDES, R.; ANDRADE, M.; TOMASELLA, J.; MORAES, M.; SCOFIELD, G. **Understanding shallow landslides in Campos do Jordão Municipality - Brazil: disentangle the anthropic effects from natural causes in the disaster of 2000**. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, v. 1, p. 1-25, 2018.
- NOBRE, C.; MARENGO, J.; SELUCHI, M.; CUARTAS, L.; ALVES, L. **Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015**. Journal of Water Resource and Protection, v. 8, p. 252-262, 2016.