

# Revisão Bibliográfica dos Estudos Relacionados aos Eventos de Precipitação Extrema no Estado do Rio Grande do Sul

**Gabriel Oliveira Fortuna**

[eng.gabrielfortuna@gmail.com](mailto:eng.gabrielfortuna@gmail.com)

Universidade Federal Fluminense

ORCID: 0009-0006-9718-0213

**Solange Maria Fortuna Lucas**

[solangefortunalucas@gmail.com](mailto:solangefortunalucas@gmail.com)

Universidade Federal Fluminense

ORCID: 0000-0001-9247-0410

**Carlos Francisco Simões Gomes**

[cfsg1@bol.com.br](mailto:cfsg1@bol.com.br)

Universidade Federal Fluminense

ORCID: 0000-0002-6865-0275

**Felipe Fortuna Lucas**

[felipefortuna@id.uff.br](mailto:felipefortuna@id.uff.br)

Universidade Federal Fluminense

ORCID: 0000-0003-3266-455X

## Resumo:

Os eventos de precipitação extrema têm se tornado cada vez mais frequentes e intensos em várias regiões do mundo, e um dos Estados do Brasil recentemente mais afetados foi o Rio Grande do Sul. Este fenômeno está associado a sérios impactos socioeconômicos e ambientais, agravados por fatores naturais e antropogênicos, como a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul e a urbanização desordenada, requerendo um redirecionamento das políticas públicas com foco no Objetivo do Desenvolvimento Sustentável - ODS 11 que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Este estudo visa revisar a literatura existente sobre eventos de precipitação extrema, desagregação de chuvas e problemas pluviais no Rio Grande do Sul. Foram consultadas as bases de dados Scopus, Scielo BR e Google Acadêmico. A metodologia incluiu a definição de palavras-chave específicas e critérios rigorosos de inclusão e exclusão para garantir a relevância e a qualidade dos estudos selecionados. Além disso, foi realizada uma análise bibliométrica para identificar os principais pesquisadores e tendências na área. Os métodos estatísticos analisados nos estudos incluem curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) e distribuições extremas, além de modelos de séries temporais e hidrológicos. Os resultados deste estudo fornecem uma base abrangente para a compreensão dos fenômenos pluviais

na região e destaca a necessidade de estratégias integradas de gestão de recursos hídricos e adaptação às mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** Precipitação extrema, Problemas pluviais, Rio Grande do Sul, Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

**Abstract:**

Extreme precipitation events have become increasingly frequent and intense in various regions of the world, and one of the states recently most affected is Rio Grande do Sul. This phenomenon is associated with serious socioeconomic and environmental impacts, exacerbated by natural and anthropogenic factors such as the South Atlantic Convergence Zone and unplanned urbanization, requesting a redirection of public policies with a focus on the Sustainable Development Goal - SDG 11, which aims to make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. This study aims to review the existing literature on extreme precipitation events, rainfall disaggregation, and pluvial problems in Rio Grande do Sul. The databases Scopus, Scielo BR, and Google Scholar were consulted. The methodology included the definition of specific keywords and rigorous inclusion and exclusion criteria to ensure the relevance and quality of the selected studies. Additionally, a bibliometric analysis was conducted to identify the main researchers and trends in the area. The statistical methods analyzed in the studies include Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves and extreme value distributions, as well as time series and hydrological models. The results of this study provide a comprehensive basis for understanding pluvial phenomena in the region and highlight the need for integrated strategies for water resource management and climate change adaptation.

**Keywords:** Extreme precipitation, Pluvial problems, Rio Grande do Sul, Sustainable Development Goals (SDG)

## 1. Introdução

A Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas avaliou, em 1987, os 10 anos da Conferência de Estocolmo, produzindo o Relatório Brundtland, intitulado Nosso Futuro Comum. Neste relatório, surge a expressão “desenvolvimento sustentável” que harmoniza o potencial do presente e do futuro a fim de atender as necessidades e aspirações humanas (Ipiranga, Godoy & Brunstein, 2011). As recomendações do Relatório Brundtland levaram a realização da Conferência Mundial para o Desenvolvimento e o Meio Ambiente em 1992 no Rio de Janeiro (RIO-92 ou ECO-92) que preparou a Agenda 21 com o objetivo de proteger o planeta e que fosse possível a efetivação do desenvolvimento sustentável (ONU-1, 2024).

A fim de concretizar os esforços de cinco décadas, em 2015, a ONU apresenta os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que são 17 metas globais estabelecidas envolvendo

questões de desenvolvimento social, ambiental e econômico, incluindo pobreza, fome, saúde, educação, aquecimento global, igualdade de gênero, água, saneamento, energia, urbanização, meio ambiente e justiça social.

Os eventos de precipitação extrema têm se tornado cada vez mais frequentes e intensos em diversas regiões do mundo, e o Rio Grande do Sul não é exceção. Mudanças climáticas globais têm sido apontadas como um dos principais fatores que contribuem para a intensificação desses eventos, resultando em sérios impactos socioeconômicos e ambientais (Silva, 2020). As precipitações intensas, caracterizadas por volumes elevados de chuva em curtos períodos, são frequentemente responsáveis por inundações, deslizamentos de terra e erosão do solo, afetando tanto áreas urbanas quanto rurais (Santos e Almeida, 2019).

As tragédias recorrentes dos municípios do Rio Grande do Sul estão relacionadas ao afastamento da perspectiva do desenvolvimento sustentável como foi definido e requer um redirecionamento das políticas públicas com foco no ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ONU-2, 2025).

Tetteh (2021) examina a utilização do ODS 11 na orientação do planejamento das cidades de Iowa, Cedar Rapids e Des Moines, em IOWA nos Estados Unidos da América, que sofreram uma inundação devastadora em 2008, avaliando o cumprimento das metas estabelecidas, além de avaliar os impactos da inundações em diferentes grupos socioeconômicos.

No contexto do Rio Grande do Sul, a topografia variada e a presença de diferentes sistemas atmosféricos tornam a região particularmente vulnerável a esses eventos extremos. A combinação de fatores naturais, como a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a passagem de frentes frias, com fatores antropogênicos, como a urbanização desordenada e o desmatamento, agrava ainda mais a situação (Oliveira et al., 2018).

A crescente ocorrência de eventos de precipitação extrema no Rio Grande do Sul tem despertado a atenção de pesquisadores e gestores públicos. Estudos indicam que, nas últimas décadas, houve um aumento significativo na frequência e intensidade desses eventos, exigindo uma reavaliação das estratégias de gestão de recursos hídricos e de planejamento urbano (Teixeira e Prieto, 2020). Além disso, a desagregação das chuvas, ou seja, a distribuição irregular das precipitações ao longo do tempo, apresenta desafios adicionais para a agricultura e a gestão da água na região (Sanchez et al., 2019).

A desagregação de chuvas é um fenômeno que se refere à distribuição espacial e temporal desigual das precipitações. Em muitas regiões do Rio Grande do Sul, há períodos prolongados de seca seguidos por chuvas intensas e concentradas, o que pode causar danos significativos às

culturas agrícolas e afetar a disponibilidade de água para consumo humano e animal (Almeida et al., 2019). A irregularidade na distribuição das chuvas também dificulta o planejamento agrícola e a gestão de reservatórios, que são essenciais para garantir o abastecimento de água durante os períodos de estiagem (Ferreira e Silva, 2018).

Os problemas pluviais decorrentes dos eventos de precipitação extrema incluem enchentes, alagamentos e deslizamentos de terra, que têm impactos diretos nas infraestruturas urbanas e rurais. Em áreas urbanas, a impermeabilização do solo devido à pavimentação e à construção de edificações impede a infiltração da água da chuva, aumentando o escoamento superficial e a incidência de alagamentos (Lima e Ferreira, 2020). Além disso, a falta de sistemas de drenagem adequados agrava a situação, levando a inundações frequentes que causam danos materiais e riscos à saúde pública (Nóbrega et al., 2011).

Em áreas rurais, a erosão do solo causada pelas chuvas intensas compromete a produtividade agrícola e a sustentabilidade dos recursos naturais. A perda de solo fértil reduz a capacidade de retenção de água e nutrientes, afetando diretamente a produção de alimentos e a renda dos agricultores (Souza et al., 2022). Além disso, a degradação dos recursos hídricos devido ao escoamento superficial carregado de sedimentos e poluentes representa um desafio adicional para a gestão ambiental e a preservação dos ecossistemas locais (Pereira e Rodrigues, 2021).

Diante desse cenário, surge a seguinte questão: Qual a literatura disponível sobre os problemas das chuvas intensas no Rio Grande do Sul? Este estudo se justifica pela utilização criteriosa do método de revisão sistemática e por abordar um assunto atual, uma vez que modelos estatísticos efetivos podem contribuir para ações preventivas do Estado.

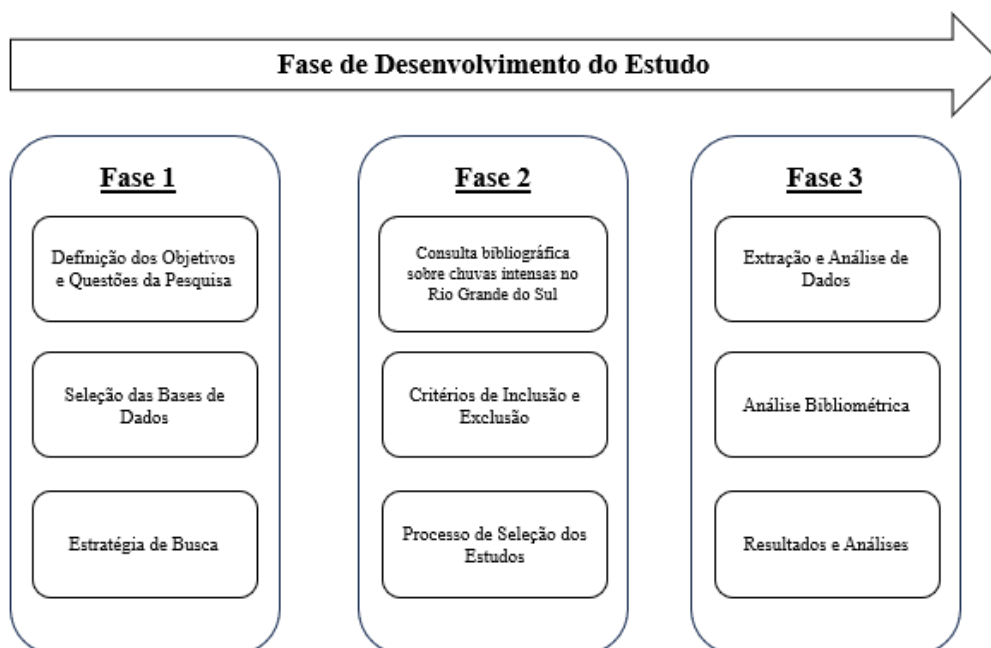
Este artigo tem como objetivo revisar a literatura existente sobre os eventos de precipitação extrema, utilizando as bases de dados Scopus, Scielo BR e Google Acadêmico, buscando identificar as principais descobertas e proporcionar uma visão abrangente sobre esse tema.

## **2. Procedimentos Metodológicos**

De acordo com os conceitos abordados por Araújo et al. (2020), para as técnicas de coleta e organização de dados foi utilizada a revisão sistemática, que é um método explícito de síntese de fatos que avalia criticamente e interpreta pesquisas relevantes e disponíveis acerca de uma problemática, área do conhecimento ou fenômeno. Seu objetivo é identificar, organizar e avaliar a qualidade dessas pesquisas, com base em uma metodologia estatística confiável, rigorosa e verificável, para expandir a amostra e a precisão dos resultados avaliados, evidenciando, portanto, a necessidade de fazê-la com mais de um pesquisador.

A Figura 1, demonstra as fases de desenvolvimento do estudo.

**Figura 1: Fases de Desenvolvimento do Estudo**



### **2.1. Definição dos objetivos e questões de pesquisa**

Primeiramente, foram definidos os objetivos da revisão e formuladas as questões de pesquisa. Os principais objetivos eram:

- Identificar e analisar os estudos existentes sobre eventos de precipitação extrema no Rio Grande do Sul;
- Avaliar como as informações foram tratadas nos estudos referentes a problemas pluviais e os impactos desses eventos;
- Investigar como os estudos de desagregação de chuvas eram utilizados para analisar o volume das chuvas intensas e seus efeitos na agricultura e na gestão de recursos hídricos.

### **2.2. Seleção das bases de dados**

As bases de dados selecionadas para a revisão foram Scopus, Scielo BR e Google Acadêmico. Essas bases foram escolhidas devido à sua abrangência e relevância na área de estudos ambientais e ciências atmosféricas.

### **2.3. Estratégia de busca**

As buscas foram realizadas utilizando palavras-chave específicas combinadas com operadores booleanos para refinar os resultados. As principais palavras-chave utilizadas nas pesquisas estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1: Resultados nas Bases de Dados**

Pesquisas Realizadas			
Base	Palavras-chave	Nº de Artigos Encontrados	Comentários
Scopus	"Rain" OR "rainfall" OR "intense rainfall" OR "rainfall disaggregation" OR "pluvial" OR "pluvial issues" AND "rio grande do sul"	345	Diversos artigos não condizentes com o escopo do trabalho. Entretanto, alguns artigos sobre erosões chamaram a atenção por ter um detalhamento dos cálculos dos dados de chuvas que poderão ser utilizados como referência também. Portanto, será realizada nova pesquisa.
Scopus	"intense rainfall" OR "precipitation" OR "rainfall disaggregation" OR "pluvial" OR "pluvial issues" OR "erosion" AND "rio grande do sul"	203	Foram removidos do item anterior as palavras que estavam muito abrangentes e não trouxeram novos artigos semelhantes ao escopo do estudo, como "rain" e "rainfall". Porém, muitos artigos ainda não condizentes com o escopo do trabalho. Será diminuída a quantidade de palavras para nova pesquisa.
Scopus	"intense rainfall" OR "rainfall disaggregation" OR "pluvial" OR "pluvial issues" OR "erosion" AND "rio grande do sul"	182	Foi removida a palavra "precipitation", porém, continuam muitos trabalhos não condizentes com o escopo.
Scopus	"intense rainfall" OR "RAINFALL DISAGGREGATION" OR "pluvial issues" AND "RIO GRANDE DO SUL"	12	5 precisaram ser eliminados por não ter relação com o escopo do trabalho, porém, a quantidade de palavras ficou muito reduzida.
Scopus	"intense rainfall" OR "rainfall disaggregation" OR "pluvial" OR "pluvial issues" AND "rio grande do sul"	21	Os 12 que apareceram na pesquisa anterior também apareceram nessa pesquisa, porém, houve maior assertividade.
Scielo BR	Rainfall Disaggregation OR Desagregação de Chuvas AND Rio Grande do Sul	3	Com essa pesquisa, foi encontrado 1 artigo novo que não foi encontrado na base scopus.
Scielo BR	Precipitação AND Rio Grande do Sul	80	A pesquisa em português trouxe mais artigos novos para a base de estudos. Dos 80 encontrados, 22 são aderentes ao escopo.
Google Acadêmico	Precipitação AND Rio Grande do Sul	4	Diversos artigos foram encontrados, mas apenas 4 foram novos quando comparados com as demais bases

## 2.4. Critérios de inclusão e exclusão

Para garantir a relevância e a qualidade dos estudos incluídos na revisão, foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão:

- Artigos, teses e dissertações publicados até 2023 nas bases selecionadas;
- Estudos que abordem diretamente eventos de precipitação extrema, problemas pluviais ou desagregação de chuvas no contexto do Rio Grande do Sul; e
- Publicações em português ou inglês.

Os critérios de exclusão incluíram:

- Estudos que não apresentavam dados empíricos ou análises detalhadas;
- Artigos de opinião, revisões não sistemáticas ou relatórios técnicos sem revisão;
- Estudos fora do escopo geográfico ou temático definido.

## 2.5. Processo de seleção dos estudos

O processo de seleção dos estudos foi realizado em duas etapas principais:

- **Triagem Inicial:** Leitura dos títulos e resumos para identificar estudos potencialmente relevantes. Nesta etapa, foram excluídos os estudos que claramente não atendiam aos critérios de inclusão.
- **Leitura Completa:** Leitura completa dos textos selecionados na triagem inicial para confirmação da relevância e qualidade. Nesta etapa, foram excluídos os estudos que, após leitura detalhada, não apresentavam dados ou análises pertinentes aos objetivos da revisão.

## **2.6. Extração e análise dos dados**

Para cada estudo incluído, foram extraídos dados relevantes como título, citações, afiliações e rede de colaboração.

## **2.7. Análise bibliométrica**

Além da análise qualitativa, foi realizada uma análise bibliométrica para avaliar o impacto e a relevância dos estudos selecionados. Foram utilizados indicadores bibliométricos como número de citações.

## **2.8. Síntese e interpretação dos resultados**

Os dados coletados foram sintetizados de forma a responder às questões de pesquisa definidas inicialmente. Foram identificadas as principais tendências e padrões na literatura. A interpretação dos resultados foi baseada na integração dos achados de diferentes estudos, considerando suas metodologias e contextos específicos.

## **3. Resultados e Análises**

Primeiramente, conforme mencionado na seção 2, foram realizadas as devidas exclusões dos trabalhos que não são aderentes ao escopo do estudo. Analisando a base Scopus, apenas 14 são aderentes ao escopo deste estudo. Já na base Scielo BR, dos 83 artigos encontrados, apenas 22 são aderentes ao escopo deste estudo. E somando com os artigos encontrados no Google Acadêmico, 4 artigos novos foram encontrados quando comparados com as demais bases. Portanto, a Tabela 2 demonstra a seleção dos artigos a serem analisados.

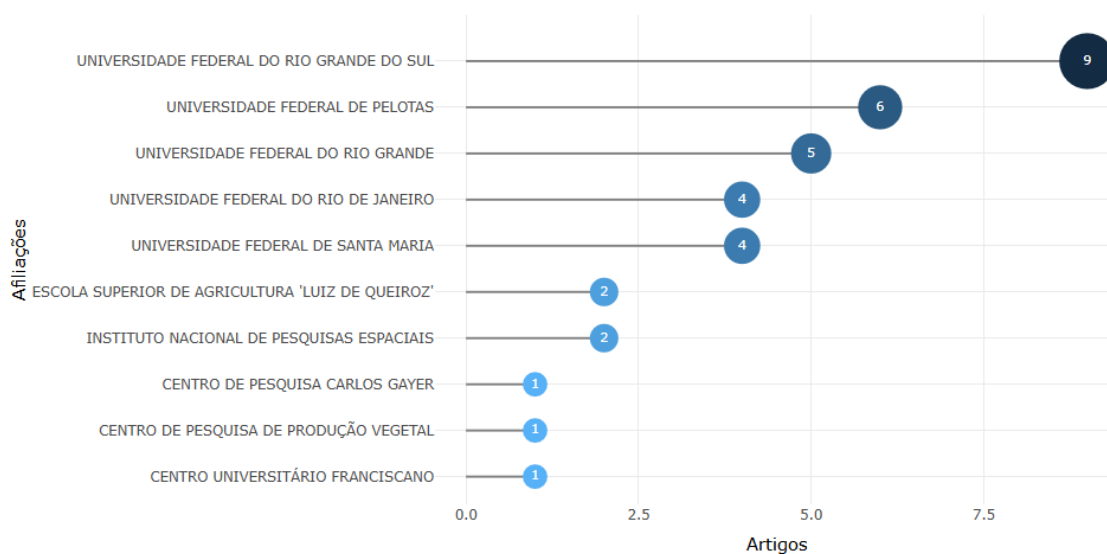
**Tabela 2: Artigos Seleccionados**

Base	Quantidade de Artigos Seleccionados
Scopus	14
Scielo BR	22
Google Acadêmico	4
<b>Total</b>	<b>40</b>

### 3.1. Análise bibliométrica

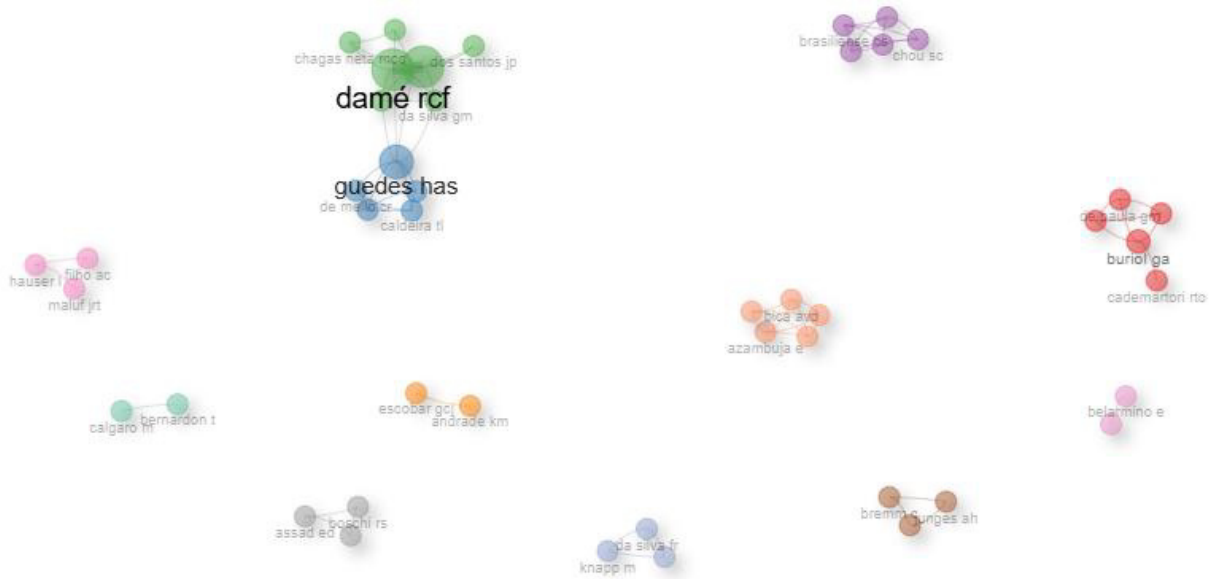
A base de dados Scopus foi anexada ao software bibliometrix para que as extrações dos dados mais relevantes sejam elencadas. Na Figura 2, pode-se analisar as afiliações mais relevantes dos estudos seleccionados.

**Figura 2: Afiliações Mais Relevantes da Base Scopus**



Já a Figura 3, apresenta uma rede de colaboração visualizada mediante a análise bibliométrica, onde nesta rede, os nós representam os autores, e as linhas (arestas) entre eles indicam coautoria em publicações científicas. A análise foi realizada para identificar os principais pesquisadores e grupos de pesquisa que estudam eventos de precipitação extrema, problemas pluviais e desagregação de chuvas no Rio Grande do Sul.

**Figura 3: Análise da Rede de Colaboração**



Ainda sobre a Figura 3, são demonstrados os principais colaboradores do objetivo deste estudo, em sendo:

- Damé, RCF e Guedes, HAS: Esses autores aparecem como os mais centrais e influentes na rede, indicando que possuem um grande número de coautorias. Isso sugere que são figuras chave na pesquisa sobre o tema, colaborando extensivamente com outros pesquisadores.
- Chagas Neto, MEC, Dos Santos, JP, Da Silva, GM: Estes autores formam um grupo de colaboração significativo em torno de Damé, RCF. A centralidade deste grupo indica uma forte rede de pesquisa.
- Caldeira, TL, De Medeiros, V, Guimarães, ACF: Esses autores também são altamente conectados, formando outro núcleo importante da rede.

Adicionalmente, a análise da Figura 3 mostra vários grupos de pesquisa distintos, identificados por clusters de cores diferentes, nas quais:

- Grupo Verde: Liderado por Damé, RCF, este grupo inclui colaboradores como Chagas Neto, MEC e Dos Santos, JP. Esse grupo parece ser um dos principais no campo, dado o seu tamanho e centralidade.
- Grupo Azul Claro: Inclui autores como Caldeira, TL e De Medeiros, V, que colaboram extensivamente entre si.

- Grupo Laranja: Contém autores como Escobar, GCT e Andrade, KM, indicando uma colaboração menor, mas ainda significativa.
- Grupos Menores: Existem vários outros clusters menores (como os em rosa, cinza e roxo), indicando pequenos grupos de colaboração ou parcerias bilaterais.

Entretanto, quando analisamos a base Scielo BR, identificamos diversos artigos relevantes e aderentes ao escopo do estudo, porém, os níveis de citações dos autores são nulos em sua maioria, conforme demonstrado na Tabela 3.

**Tabela 3: Artigos Selecionados da Base Scielo**

Base Scielo BR	Artigos Selecionados	Citações
1	Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico	8 vezes
2	Variação espaço-temporal dos parâmetros para a modelagem estocástica da precipitação pluvial diária no Rio	3 vezes
3	Risco de deficiência hídrica decedial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul	0 vezes
4	Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS	0 vezes
5	Análise de frequência hidrológica dos dados de precipitação pluvial de algumas estações agroclimatológicas da região sul do Rio Grande do Sul	0 vezes
6	Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Rio Grande do Sul em 2006	0 vezes
7	Dimensionamento da amostra para a estimação da média de precipitação pluvial mensal em diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul	0 vezes
8	Variabilidade temporal e espacial da precisão das estimativas de elementos meteorológicos no Rio Grande do	0 vezes
9	Técnicas de mineração de dados para análise da precipitação pluvial decenal no Rio Grande do Sul	0 vezes
10	Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro	0 vezes
11	Comparação dos dados de precipitação gerados Pelo gpcp vs observados para o estado do rio grande do sul	0 vezes
12	Seasonal probability forecasts of december-january-february precipitation in northern Uruguay and Rio Grande do Sul obtained with the coupled forecast system v2 of NOAA and statistical downscaling	0 vezes
13	Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul	0 vezes
14	Analysis of the relationship intensity, duration, frequency of disaggregated daily rainfall in southern Rio Grande	0 vezes
15	Intensity-duration-frequency relationships of rainfall through the technique of disaggregation of daily rainfall	0 vezes
16	Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas em Dados Meteorológicos para Estações no Sul do	0 vezes
17	Rainfall climatology, variability, and trends in Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brazil	0 vezes
18	Tendências em Séries Temporais de Precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil	0 vezes
19	Persistência e Abrangência dos Eventos Extremos de Precipitação no Sul do Brasil: Variabilidade Espacial e	0 vezes
20	Preenchimento de Falhas em Séries Temporais de Precipitação Diária no Rio Grande do Sul	0 vezes
21	Banco de Dados Espacial de Precipitação do Estado do Rio Grande do Sul	0 vezes
22	Seasonal intensity-duration-frequency relationships for Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil	0 vezes

A partir da observação da Tabela 3, pode-se fazer a seguinte análise:

- (1) Relevância dos Artigos: Alguns artigos podem abordar temas muito específicos ou localizados, como questões regionais que não despertam interesse amplo, limitando o número de pesquisadores que encontram relevância direta nesses estudos.
- (2) Visibilidade e Acesso
  - Acesso Restrito: Embora Scielo BR seja uma base de dados importante, alguns artigos podem ter menos visibilidade internacional, especialmente se publicados em português, o que pode limitar o alcance e o impacto dos trabalhos.

- **Divulgação Limitada:** A falta de divulgação efetiva dos artigos e dos resultados das pesquisas também pode contribuir para o baixo número de citações. Artigos que não são bem divulgados em conferências, redes sociais acadêmicas ou colaborativas tendem a ser menos citados.

### (3) Área de Estudo e Concorrência

- **Área de Estudo:** Em áreas de estudo onde há uma alta produção científica, a concorrência por citações é maior. Em contraste, áreas menos exploradas podem ter menos citações, mas isso não necessariamente reflete a qualidade ou importância do trabalho.
- **Concorrência Acadêmica:** Áreas com muitos pesquisadores ativos podem gerar muitas publicações, o que pode diluir o número de citações recebidas por qualquer artigo individual.

Já quando são analisados os artigos encontrados na base Google Acadêmico e que não estavam duplicados quando comparados com a base Scopus e Scielo BR, pode-se observar um alto número de citações, conforme demonstrado na Tabela 4.

**Tabela 4: Artigos Selecionados da Base Google Acadêmico**

Base Google Acadêmico	Artigos Selecionados Não encontrados na Base Scielo e Scopus	Citações
1	Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluviométrica máxima no estado do Rio Grande do Sul	58
2	Forçantes dinâmicas e térmicas associadas a um caso de precipitação intensa sobre o Rio Grande do Sul, Brasil	15
3	Probabilidade de ocorrência de precipitação pluviométrica mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a extração de crescimento das culturas de primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul	59
4	Eventos extremos de precipitação no Rio Grande do Sul no Século XX a partir de dados de reanálise e registros históricos	6

A partir da observação da Tabela 4, pode-se fazer a seguinte análise:

#### (1) Visibilidade e Acesso Amplo

- **Acesso Global:** Google Acadêmico é uma plataforma amplamente utilizada e acessível globalmente, o que contribui para a alta visibilidade dos artigos indexados. Artigos disponíveis nesta plataforma têm maior probabilidade de serem encontrados e citados por uma audiência mais ampla de pesquisadores.

- **Indexação Ampla:** Google Acadêmico indexa uma vasta gama de fontes, incluindo repositórios institucionais, sites pessoais de pesquisadores, e publicações de conferências, o que aumenta a descoberta e o impacto dos artigos.
- (2) **Implicações para a Pesquisa:** Os artigos listados na tabela mostram que, apesar de não estarem indexados nas bases tradicionais como Scielo e Scopus, eles podem ter um impacto significativo devido à visibilidade proporcionada pelo Google Acadêmico. Isso destaca a importância de considerar múltiplas plataformas para a disseminação de pesquisas e a necessidade de estratégias de publicação e divulgação que maximizem o alcance e o impacto dos trabalhos científicos.
- (3) **Comparação com Outras Bases:** Enquanto Scielo e Scopus são bases altamente respeitadas com critérios rigorosos de indexação, Google Acadêmico oferece uma acessibilidade mais ampla e inclui uma gama maior de documentos, o que pode explicar a diferença no número de citações. Pesquisadores podem considerar a publicação em várias plataformas para aumentar a visibilidade e o impacto de seus trabalhos.

### **3.2. Similaridades estatísticas**

Diante dos estudos elencados, foram identificadas similaridades em alguns grupos de pesquisa, nos quais utilizaram como alternativas para estimar a vazão máxima de projeto, quando não se dispõe de monitoramento na seção de controle, a modelagem da curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) (Damé et al., 2006). A curva IDF é comumente ajustada mediante a análise probabilística de dados pluviográficos, como em Bemfica et al. (2000), ou pluviométricos, de precipitação máxima diária anual (PMDA) desagregada para durações inferiores à diária, como em Aragão et al. (2013).

Mello & Silva (2013) relatam que o emprego de séries pluviográficas é mais indicado para modelagem de chuvas intensas, visto que permitem uma caracterização realística das intensidades de chuva associadas a diferentes durações. Contudo, dados desse tipo são bastante escassos no Brasil, tendo o projetista que lançar mão da técnica de desagregação de chuva diária.

Dentre os métodos empregados para desagregação de chuva diária, o Método das Relações de Durações (MRD) se destaca por ser simples e fornecer resultados satisfatórios na obtenção de alturas de chuva para diferentes durações inferiores à diária (Damé et al., 2006). O MRD, segundo Tucci (2009), objetiva estimar a lâmina de PMDA mediante os fatores multiplicativos, ou constantes de desagregação, sendo que as desenvolvidas por CETESB (1979) são as mais

empregadas no Brasil para tal finalidade, como se pode observar em Aragão et al. (2013). Adicionalmente, foi identificada convergência na obtenção de séries históricas junto à Agência Nacional de Águas (ANA), mediante o portal HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas Vargas et al. (2015).

#### **4. Considerações Finais**

Os eventos de precipitação extrema, desagregação de chuvas e problemas pluviais são questões de grande relevância para o Rio Grande do Sul, especialmente no contexto das mudanças climáticas globais. Este estudo revisou a literatura existente sobre esses temas, utilizando bases de dados como Scopus, Scielo BR e Google Acadêmico, e identificou os principais modelos estatísticos e métodos empregados para estimar e analisar esses fenômenos.

Adicionalmente, identificou principais descobertas, como:

- **Curvas IDF (Intensidade-Duração-Frequência):** As curvas IDF foram destacadas como ferramentas essenciais para estimar a vazão máxima de projeto em locais sem monitoramento. Estudos como os de Damé et al. (2006) e Bemfica et al. (2000) demonstraram a importância de ajustar essas curvas mediante a análise probabilística de dados pluviográficos ou pluviométricos desagregados.
- **Método das Relações de Durações (MRD):** Identificado como um método simples e eficaz para desagregação de chuvas diárias, o MRD utiliza fatores multiplicativos para obter alturas de chuva para diferentes durações inferiores à diária. Esse método, conforme discutido por Damé et al. (2006) e Tucci (2009), é amplamente aplicado no Brasil, com as constantes de desagregação desenvolvidas pela CETESB (1979) sendo as mais empregadas.
- **Análise Probabilística:** Modelos como a Distribuição GEV (Generalized Extreme Value) e a Distribuição de Gumbel são frequentemente utilizados para modelar eventos extremos de precipitação, proporcionando uma análise robusta para a previsão de eventos de alta intensidade (Coles, 2001; Teixeira & Prieto, 2020).

Ademais, este estudo destacou a importância dos dados e colaborações, onde a análise bibliométrica revelou a centralidade de autores como Damé, RCF, e Guedes, HAS, e grupos de pesquisa liderados por Chagas Neto, MEC, Dos Santos, JP, e Da Silva, GM. Esses autores têm contribuído significativamente para a pesquisa na área, utilizando modelos avançados para entender e mitigar os impactos dos eventos de precipitação extrema.

A revisão da literatura e a análise dos modelos estatísticos mostram que, embora existam métodos robustos para estimar e prever eventos de precipitação extrema, a aplicação eficaz desses modelos depende da disponibilidade e qualidade dos dados. Investimentos em infraestrutura de monitoramento e em pesquisas colaborativas são essenciais para aprimorar a gestão dos recursos hídricos e a mitigação dos impactos dos eventos extremos.

Como perspectiva de desenvolvimento futuro, apresentamos a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas visando tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis alinhadas às metas do ODS 11.

## Referências

- Almeida, J., et al. (2019). Desafios da desagregação de chuvas na agricultura. *AgroScience*, 10(4), 320–335.
- Aragão, R. de, Santana, G. R. de, Costa, C. E. F. F. da, Cruz, M. A. S., Figueiredo, E. E. de, & Srinivasan, V. S. (2013). Chuvas intensas para o estado do Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(3), 243–252.
- Araújo, W. J., & Casimiro, A. H. T. (2020). Cenários prospectivos: Revisão sistemática na Lisa, Emerald, Scopus e Web of Science. *Revista Digital Biblioteconomia e Ciência da Informação*.
- Bemfica, D. C., Goldenfum, J. A., & Silveira, A. L. L. da. (2000). Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5(4), 5–16.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (1979). *Drenagem urbana: Manual de projeto* (464 p.). São Paulo, SP: CETESB.
- Damé, R. C. F., Pedrotti, C. B. M., Cardoso, M. A. G. C., Silveira, C. P. da, Duarte, L. A., Ávila, M. S. V. de, & Moreira, A. C. (2006). Comparação entre curvas intensidade-duração-frequência de ocorrência de precipitação obtidas a partir de dados pluviográficos com aquelas estimadas por técnicas de desagregação de chuva diária. *Revista Brasileira de Agrociência*, 12(4), 505–509.
- Damé, R. C. F., Teixeira, C. F. A., Terra, V. S. S., & Rosskoff, J. L. (2010). Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(1), 46–54.
- Ferreira, T., & Silva, L. (2018). Disponibilidade de água e padrões de chuva. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(2), 202–215.
- Ipiranga, A. S. R., Godoy, A. S., Brunstein, J. (2011). Introdução. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*. V12, N. 3. Edição Especial, São Paulo, p. 12-20, MAIO/JUN 2011.
- Lima, S., & Ferreira, A. (2020). Urbanização e problemas pluviais. *Revista de Engenharia Urbana*, 25(1), 145–160.
- Mello, C. R. M., & Silva, A. M. (2013). *Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas* (455 p.). Lavras, MG: UFLA.
- Nóbrega, R. S., et al. (2011). Geografia do clima sobre os eventos extremos de precipitação em Recife–PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*.

- Oliveira, M., et al. (2018). Análise da desagregação de chuvas no Rio Grande do Sul. *Journal of Water Resource Management*, 22(3), 456–470.
- Organização das Nações Unidas (ONU). (2024, 27 de janeiro). *ONU e o meio ambiente*. Retrieved from <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>
- Organização das Nações Unidas (ONU). (2025, 26 de junho). *Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11*. Retrieved from <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>
- Pereira, R., & Rodrigues, C. (2021). Gestão de recursos hídricos frente às mudanças climáticas. *Revista de Recursos Hídricos*, 18(2), 234–250.
- Sanches, F., et al. (2019). Extreme rainfall events in the Southwest of Rio Grande do Sul (Brazil) and its association with the sandization process. *American Journal of Climate Change*, 9(4), 67–78.
- Santos, A., & Almeida, F. (2019). Desastres naturais e precipitação: Uma revisão. *Revista de Geografia*, 30(1), 89–101.
- Silva, J. (2020). Impactos da precipitação extrema no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35(2), 123–134.
- Souza, P., et al. (2022). Mudanças climáticas e precipitação extrema no Sul do Brasil. *Climate Change Journal*, 27(4), 789–805.
- Teixeira, M. S., & Prieto, R. B. (2020). Eventos extremos de chuva no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre 2004 e 2013. Parte 1: Definição dos eventos e estatísticas. *Revista Brasileira de Meteorologia*.
- Tucci, C. E. M. (2009). *Hidrologia: Ciência e Aplicação* (943 p.). Porto Alegre, RS: UFRGS.
- Vargas, M. M., Beskow, S., Caldeira, T. L., Mello, C. R., Faria, L. C., Guedes, H. A. S., Cunha, Z. A., Minks, D. N., Kerstner, L., Morteo, D. S. R., Rosa, E. M., & Da Luz, E. P. (2015). *Análise de constantes de desagregação de chuva diária no estado do Rio Grande do Sul*. In Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

## Authors Profiles

**Gabriel Oliveira Fortuna** has been a master's student in Production Engineering at the Fluminense Federal University (UFF). He researches on the prioritization of technological solutions for modernizing legacy systems using multicriteria decision support methods and he currently works as a Commercial Manager at Buser, a disruptive startup. His interest area are quality management, operational research, and multi-criteria decision support.

**Solange Fortuna Lucas** has received a PhD from the University of Coimbra – Portugal. She is a member of the Research Group on Supply Chain Management, Information Technology and Decision Making in Prospective Scenarios at Fluminense Federal University. Her research interests are in the areas of quality management, operational research, and uncertainty management.

**Carlos Francisco Simões Gomes** has received a PhD from the Federal University of Rio de Janeiro. He was deputy director of the Center for Naval Systems Analysis (Brazilian Navy). Vice-President. of the Brazilian Society of Operational Research. Coordinator of Postgraduate studies at the Universidade Federal Fluminense (UFF). He is currently a researcher at CNPQ and a professor and researcher at UFF.

**Felipe Fortuna Lucas** has been a PhD candidate in Production Engineering at Fluminense Federal University (UFF), with a sandwich doctorate at ISEP - Polytechnic of Porto. His research focuses on mathematical modeling, multicriteria decision methods applied to strategic sectors and sustainability. He holds a Master's (UFF, 2022) and a Bachelor's degree (Federal University of the State of Rio de Janeiro), with research in portfolio optimization using stocks and cryptocurrencies. He has experience in financial analysis and decision support.