

**XIII** Colóquio Brasileiro  
de Ciências  
Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

**25** Anos

*Conectando mentes e  
provendo conhecimento*

# **OBSERVAÇÕES GPS COMO FERRAMENTA COMPLEMENTAR PARA O MONITORAMENTO DE SECAS HIDROLÓGICAS NO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO, BA, BRASIL**

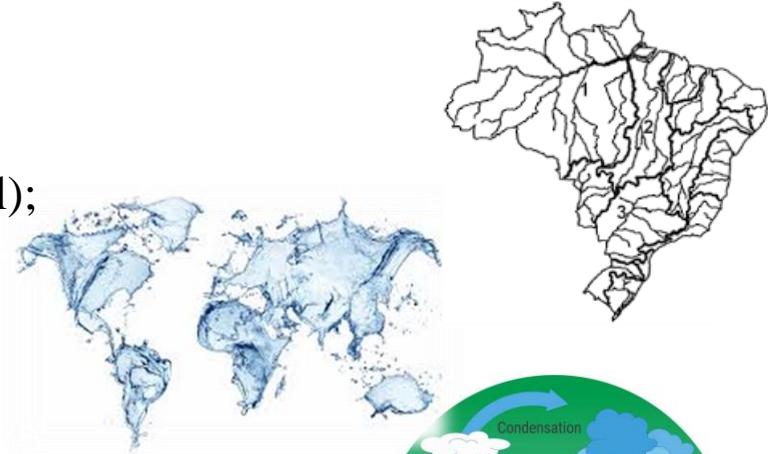
*Fabio Lima<sup>1</sup>, Pedro Mutti<sup>2</sup>, Rodrigo Mikosz<sup>3</sup>, Tacito Silva<sup>4</sup>*

<sup>1,2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

<sup>3,4</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

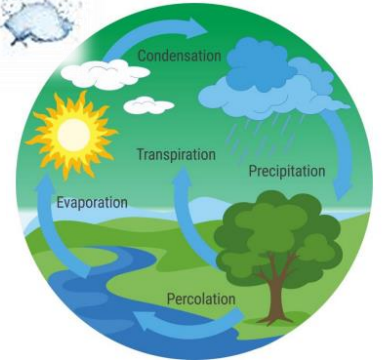
## Monitoramento dos Recursos Hídricos

- Políticas Públicas e Integradas (Monitoramento Regional e Global);
- Metodologias Inovadoras;



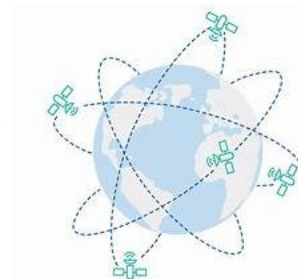
## Mudanças Climáticas e o Ciclo da Água

- Alterações nos Padrões de Precipitação;
- Impactos de um Ciclo Hidrológico Curto;
- Eventos Extremos Recorrentes (Secas e Inundações);



## Papel da Geodésia

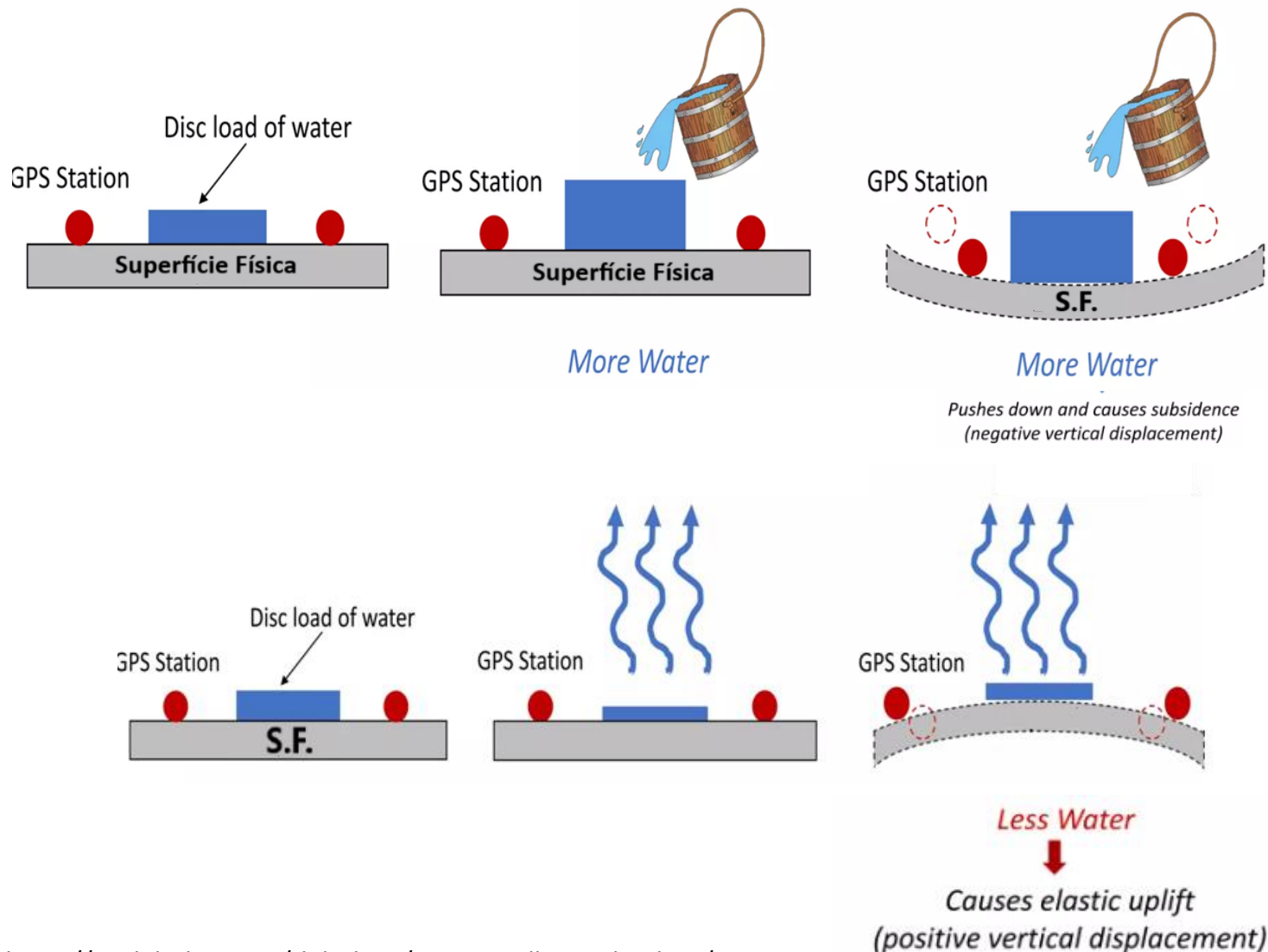
- GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

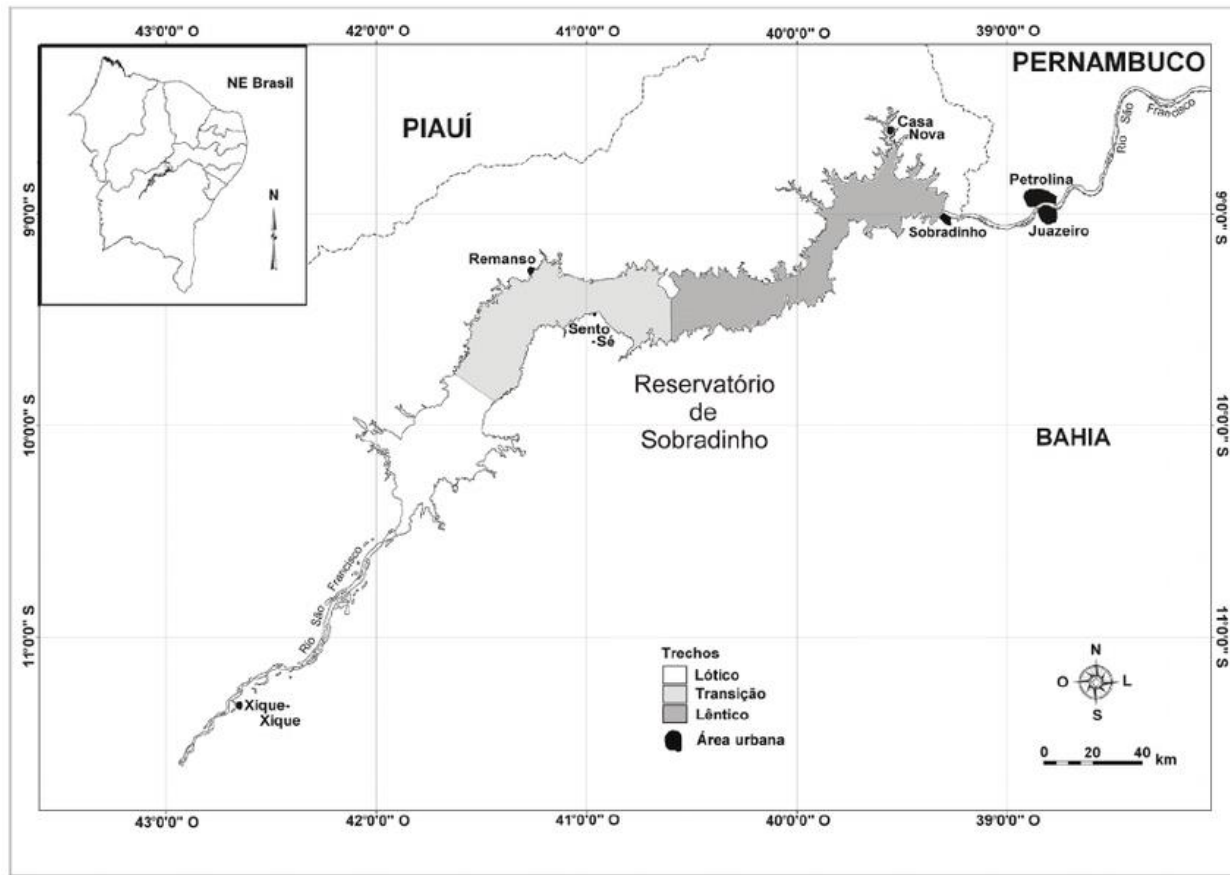


## Global Navigation Satellite System (GNSS)

Originalmente dedicada a propósitos de navegação, o GNSS encontrou também seu espaço em estudos hidrológicos e do clima (White et al., 2022; Klos et al., 2023)

Diferentes processos geofísicos fornecem assinaturas diferentes nas observações geodésicas (Pfeffer et al., 2017), portanto, o monitoramento dos padrões de movimento vertical pode ser um indicativo de decodificação de tais processos





## Reservatório de Sobradinho

- Localizado ao Norte da Bahia;
- Unidade Fisiográfica do Médio do São Francisco;
- Maior Lago Artificial do Mundo, Área de 4.214km<sup>2</sup>;
- Extensão 320km;
- Capacidade 34,1 bilhões m<sup>3</sup>;
- Classificação Climática de Köppen (Tropical Semiárido);
- Chuvas concentradas entre novembro e abril e máximas superiores a 80 mm, além de temperaturas acima de 28°C

## ➤ OBJETIVO GERAL

Utilizar observações GPS das coordenadas verticais ("Up") para monitorar e caracterizar secas hidrológicas no reservatório de Sobradinho, na Bacia Hidrográfica do São Francisco, ao longo de 14 anos (2008-2022), correlacionando os resultados com índices climáticos e hidrológicos, como o SPI-36, para entender os impactos das variações de massa hídrica na crosta terrestre.

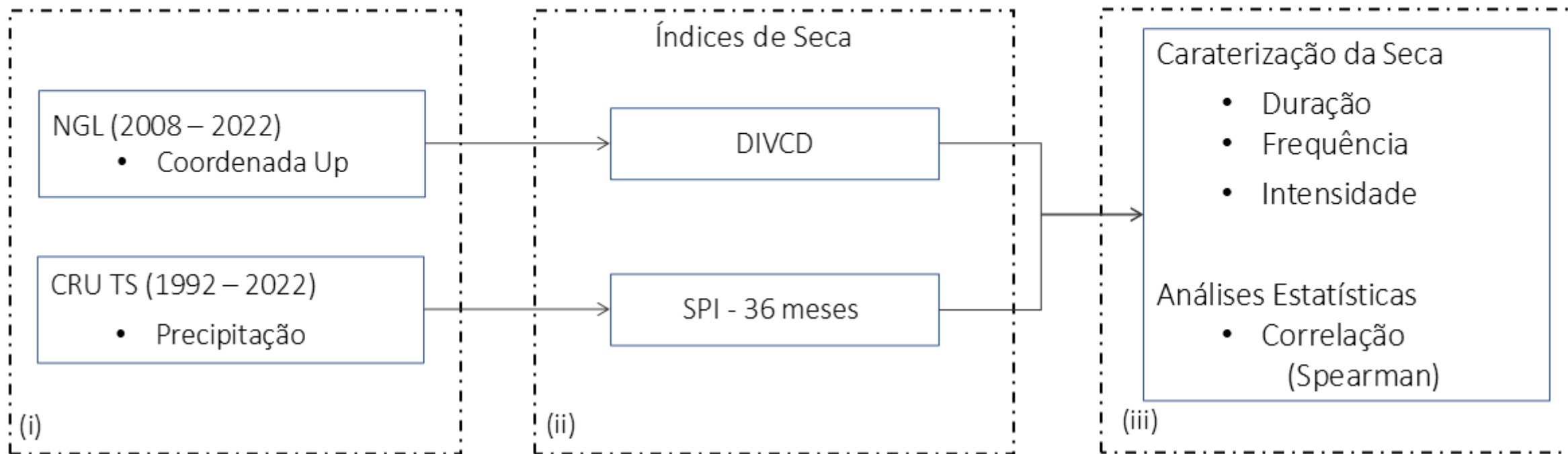
## ➤ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular o Índice de Deformação Crustal Vertical (DIVCD) a partir das observações Up da estação GPS;
- Validar o DIVCD a partir da correlação estatística a partir do *Standardized Precipitation Index* (SPI) em escala temporal de 36 meses.
- Identificar eventos específicos de seca e compreender sua extensão e intensidade com base na resposta elástica da crosta terrestre ao carregamento e descarregamento de massa hídrica.

DADOS

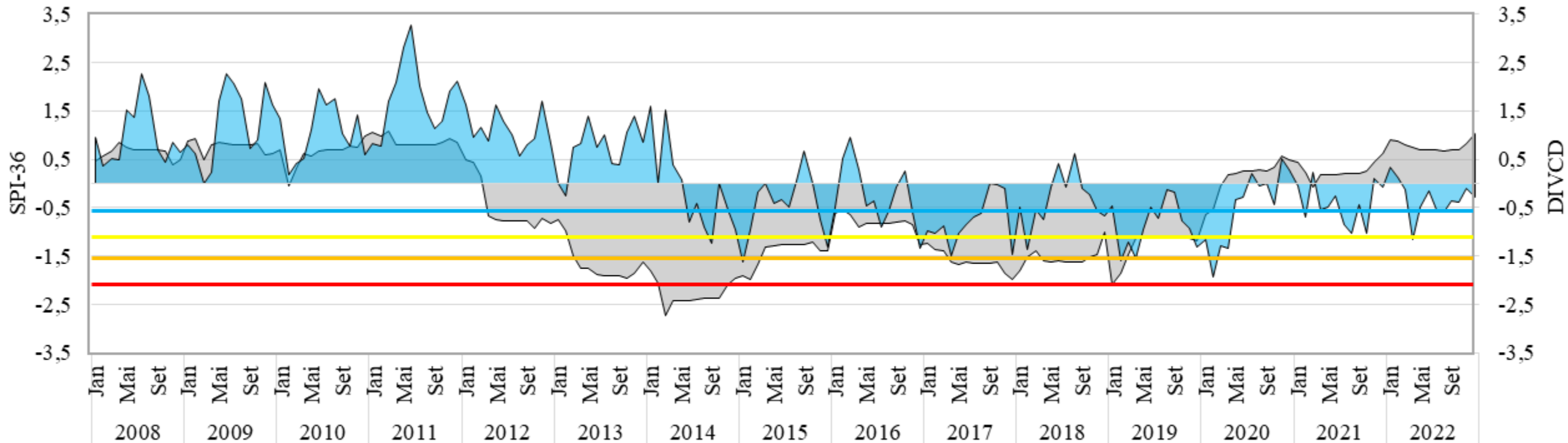
PROCESSAMENTO

ANÁLISES



Obs. O processamento NGL(Nevada Geodetic Laboratory), foi realizado utilizando os produtos diários Repro3.0 e o software Gipsy-X 1.0, desenvolvido pelo Jet Propulsion Laboratory (JPL). As soluções utilizadas (PPP) com resolução de ambiguidade (Bertiger et al., 2010). O processamento foi realizado dentro do referencial IGS14, que está alinhado com o ITRF2014 (Altamimi et al., 2016).

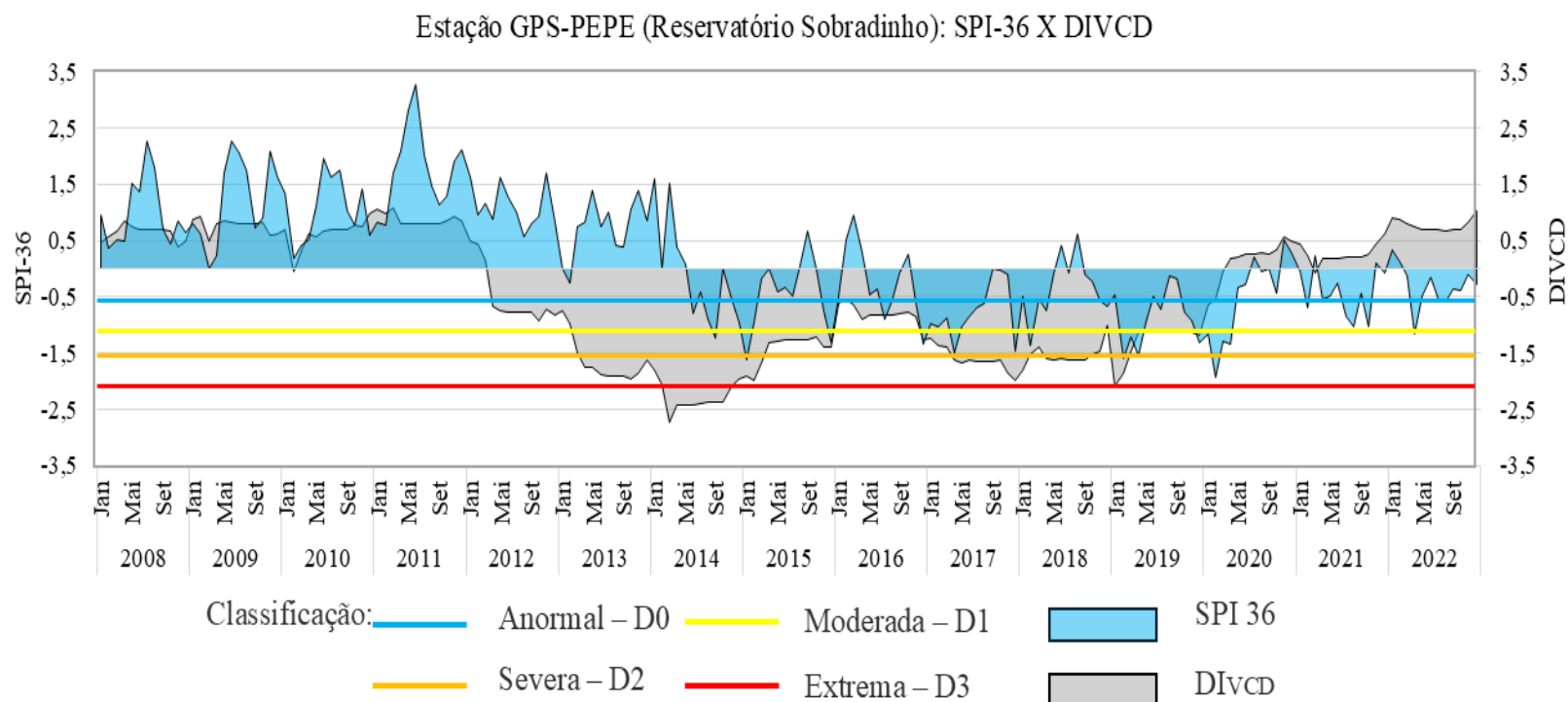
Estação GPS-PEPE (Reservatório Sobradinho): SPI-36 X DIVCD



Classificação:  Anormal – D0  Moderada – D1  SPI 36  
 Severa – D2  Extrema – D3  DIVCD

## Índice de Deformação Crustal Vertical (DIVCD) e o SPI-36:

- O DIVCD mostrou valores máximos em 2011, atribuídos ao fenômeno La Niña Modoki, que influencia a Temperatura da Superfície do Mar (TSM).
- A partir de 2012, os valores do DIVCD se tornaram predominantemente negativos, refletindo déficit hídrico persistente.
- Anomalias positivas, registradas em eventos de intensa precipitação, também foram detectadas, indicando a sensibilidade do índice às variações hídricas.
- O estudo mostrou que eventos de seca estão diretamente ligados a padrões climáticos regionais e globais: ZCIT, Oscilação Madden-Julian e eventos ENSO.



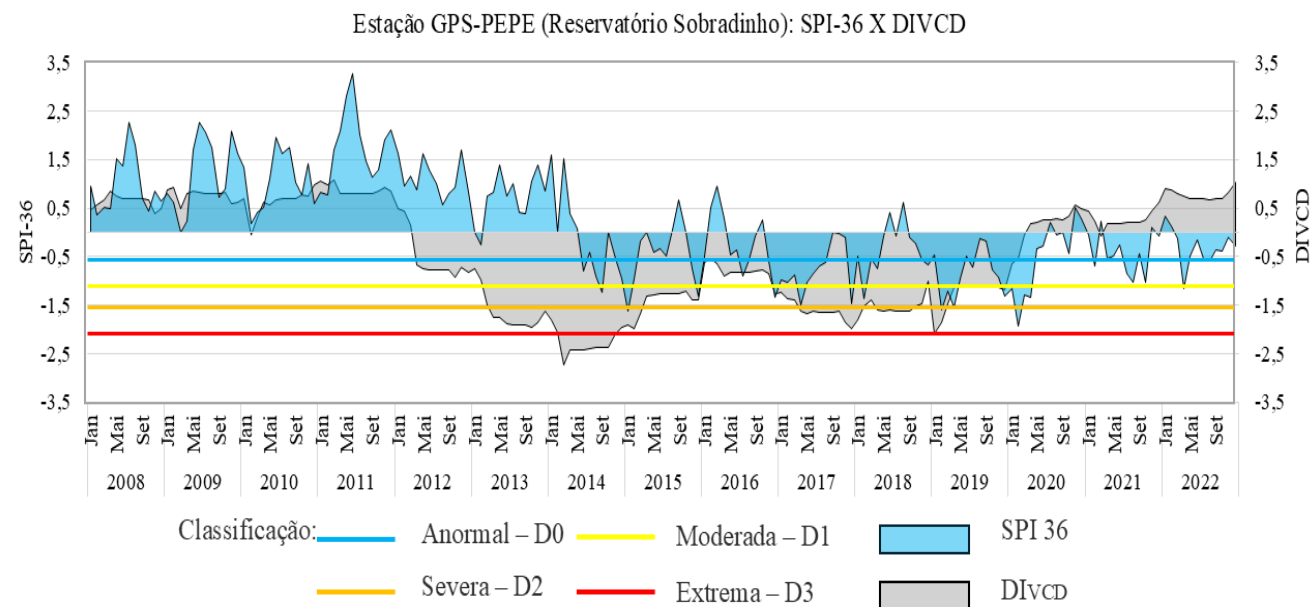


## Correlação Entre SPI-36 e DIVCD:

- A correlação de Spearman entre os dois índices foi moderada e positiva ( $\sigma = 0,52$ ), demonstrando consistência entre o índice crustal e a caracterização de secas baseadas em precipitação.
- O SPI-36 identificou limiares apenas em 2014, corroborando os déficits hídricos detectados pelo DIVCD.

## Caracterização de Períodos de Seca:

- O estudo caracterizou a grande seca que ocorreu entre 2012 e 2018, evidenciando que o evento pode ter persistido até 2020.
- Eventos de seca foram associados à redução de massa hídrica superficial e subterrânea, impactando a deformação elástica da crosta terrestre.



- **Eficácia das observações GNSS:**

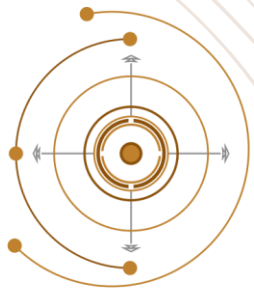
O uso de observações GPS para monitorar secas hidrológicas, por meio da análise do deslocamento vertical da crosta terrestre, mostrou-se promissor. O Índice de Deformação Crustal Vertical (DIVCD) se destacou como uma ferramenta eficaz para caracterizar déficits hídricos associados à redução de massa hídrica superficial e subterrânea.

- **Influência das Mudanças Climáticas:**

A pesquisa reforça que mudanças no ciclo da água, exacerbadas por alterações climáticas, estão diretamente relacionadas a eventos extremos de seca. Esses fenômenos impactam a carga de massa hídrica e, conseqüentemente, a deformação elástica da crosta terrestre.

- **Implicações para Gestão de Recursos Hídricos:**

A aplicação da metodologia baseada em deformações crustais complementa técnicas tradicionais, como índices de precipitação, e amplia as possibilidades de monitoramento e gestão de recursos hídricos, especialmente em regiões vulneráveis como a Bacia do São Francisco.



# XIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

# 25 Anos

*Conectando mentes e  
provendo conhecimento*

## AGRADECIMENTOS

- Fábio (CAPES) – Código Financeiro 001, bolsa de doutorado;
- Pedro agradece CNPq pelo financiamento do projeto (processos 441315/2023-2 e 403279/2023-2);
- Rodrigo agradece a CAPES (PDPG Emergencial de Consolidação Estratégica dos Programas de Pós-Graduação (PPGs) stricto sensu acadêmicos com notas 3 e 4, Processo - 88887.707902/2022-00 e a bolsa produtividade em pesquisa PQ-2 do CNPq, Processo: 314682/2021-0; e
- Tácito (CAPES), bolsa de mestrado.

## REALIZAÇÃO



Curitiba, 26 a 29 de novembro de 2024