

Utilização de dados de monitoramento hidrológico em fiscalização do uso de recursos hídricos

Coordenação de Cadastro de Usuários e Monitoramento dos Usos dos Recursos Hídricos

Daniel Assumpção Costa Ferreira

Novembro de 2024



Superintendência de Fiscalização – SFI

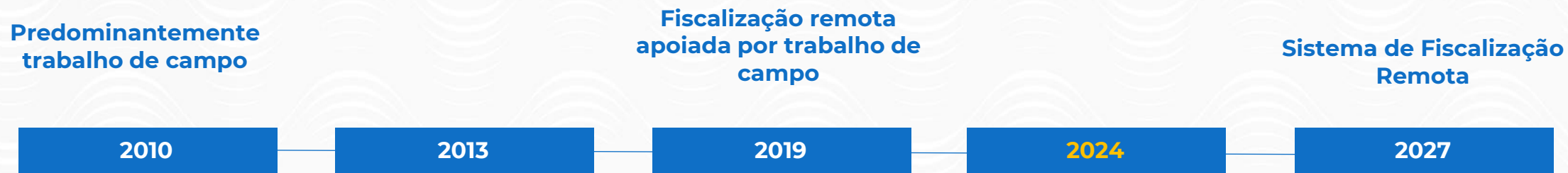
Coordenação de Cadastro de Usuários e Monitoramento dos Usos dos Recursos Hídricos - COCOM

- A Superintendência de Fiscalização (SFI), órgão da ANA, tem como atribuição realizar ações de fiscalização para **o cumprimento das condições de uso** de recursos hídricos **definidas em outorgas**, em Declarações de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH), bem como em marcos regulatórios e alocações negociadas.
- **Identificação e autuação de usuários irregulares**, buscando garantir disponibilidade de água para os diferentes usos e dirimir conflitos, sobretudo em bacias críticas.



A fiscalização de uso de recursos hídricos vem **utilizando novas tecnologias para monitoramento remoto do uso de recursos hídricos.**

Linha do tempo da fiscalização na ANA



Desenvolvimento de ferramentas de automatização de etapas dos procedimentos de análise/fiscalização remota

Automonitoramento

Tecnologia remota para monitoramento:

1. Sensoriamento remoto

2. Energia elétrica - CEIA

3. Hidrometria + telemetria-
188/2024

- Mapeamento de áreas irrigadas

- Estimativa quantitativa da irrigação

Resolução de Automonitoramento

Busca da eficiência fiscalizatória

Causa

- Reduzido quadro de servidores
- Crises hídricas

Consequência

- Necessidade de avanço tecnológico para ampliar e dar eficiência na fiscalização

Aplicação

- **Tecnologia remota para monitoramento**

✓ **Monitoramento de grandes áreas ou extensão de curso d'água;**

✓ **Monitoramento individualizado;**

✓ **Baixo custo;**

✓ **Resultados rápidos para tomadas de decisões;**

✓ **Direcionamento e efetividade nos trabalhos de escritório e de campo;**

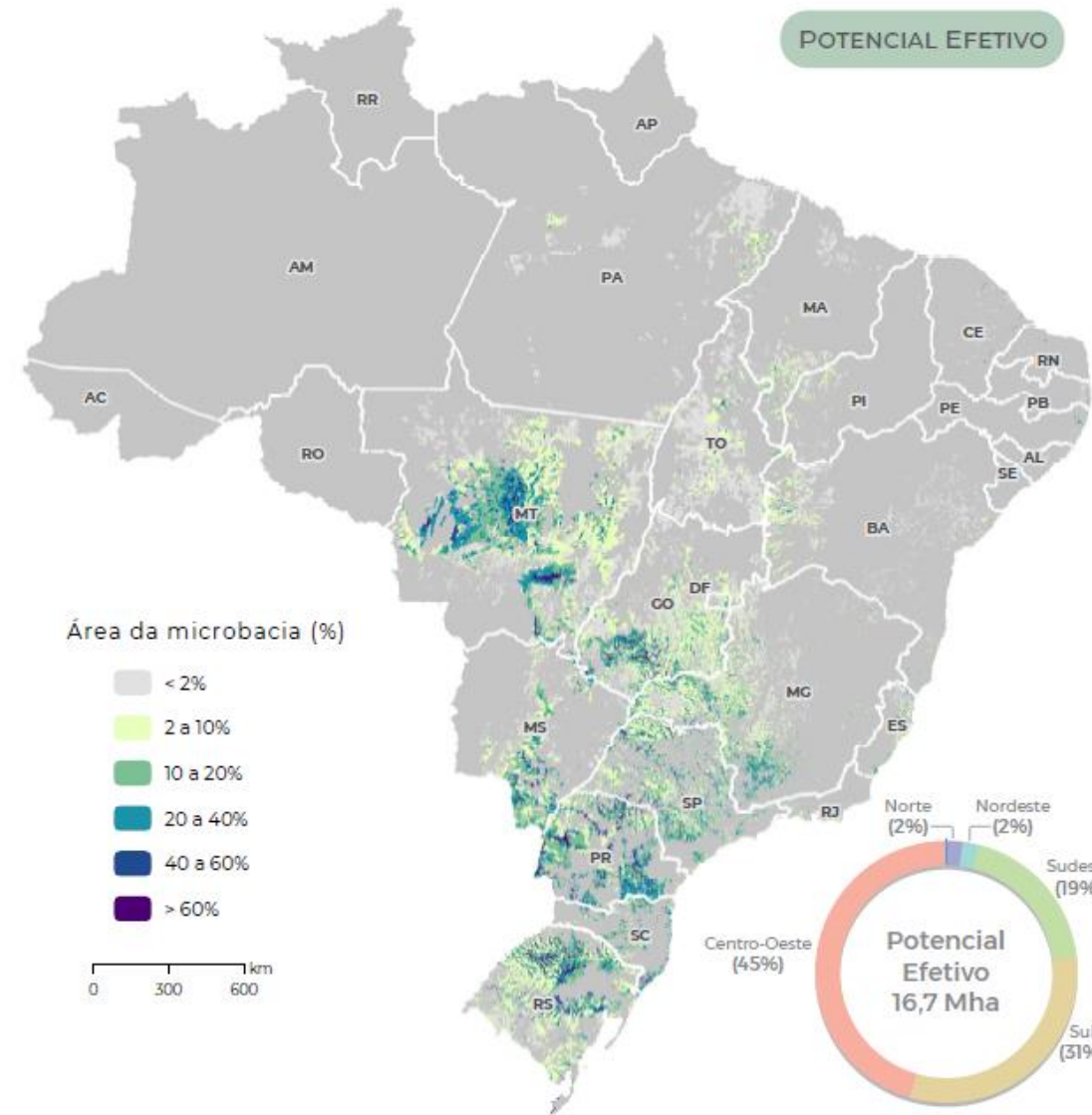
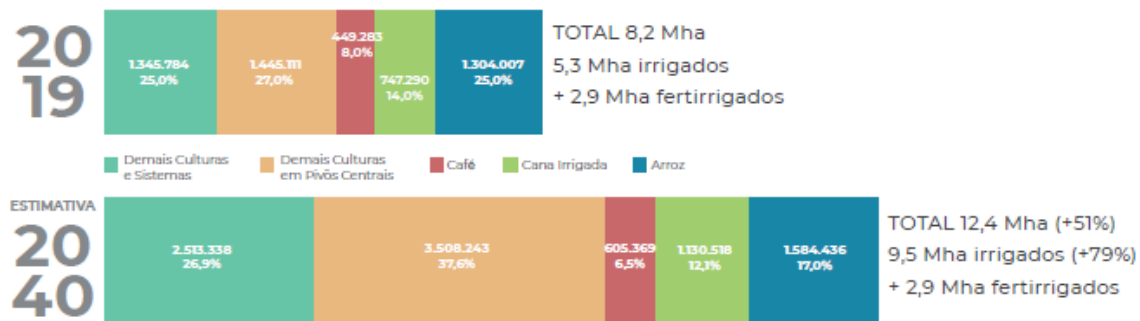
A importância da fiscalização remota

Demandas de captação de água no Brasil em 2019



Fonte: adaptado de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2020)

Área Irrigada no Brasil por tipologia - 2019 e 2040



Monitoramento hidrológico aplicado à COCOM

- Mapeamento de áreas irrigáveis;
- Monitoramento de áreas efetivamente irrigadas no período de interesse;
- Estimativa da irrigação por satélite.



Onde queremos chegar?



SISTEMA DE FISCALIZAÇÃO REMOTA

2
0
2
4

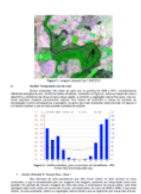
2
0
2
6
/
2
7




Obtenção e tratamento de imagens e dados



Mapeamento de áreas irrigadas e associação com usuário/empreendimento



Análise de conformidade (outorga)



Emissão dos relatórios e alertas



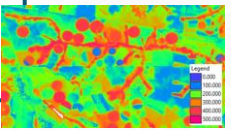
Análise do histórico

Medidas corretivas

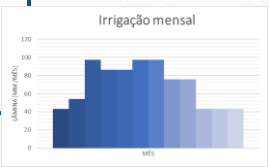


Campo

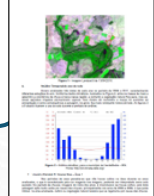
Modelo para cálculo de evapotranspiração



Estimativa de consumo



Análise de conformidade (outorga)



Conhecendo o esPIA

Acesse : <https://espia.snirh.gov.br>

- Parceria ANA/INPE – livre acesso
- Análise pontual para análise e interpretação de padrões de manejo da agricultura irrigada - Dinâmica agrícola
- Processamento no Google Earth Engine - GEE
- Utiliza a base de mosaicos Planet/RedeMAIS para a interpretação visual do uso e ocupação do solo
- Imagens Sentinel para índices de vegetação
- Informações do CAR



Módulo Mapa

Mosaico mensal PlanetScope (basemap)

Período de Análise

Seleção o Mosaico

2024-04

2024-05

2024-06

2024-07

2024-08

Seleção o Período - Inicio

01/07/2022

Fim

05/09/2024

Cristalina - GO

Funcionalidades

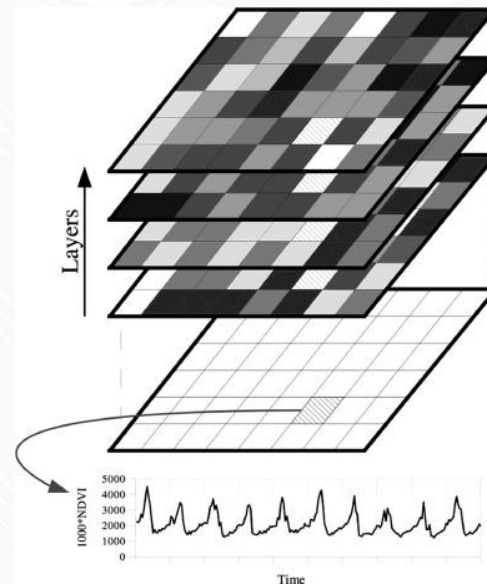
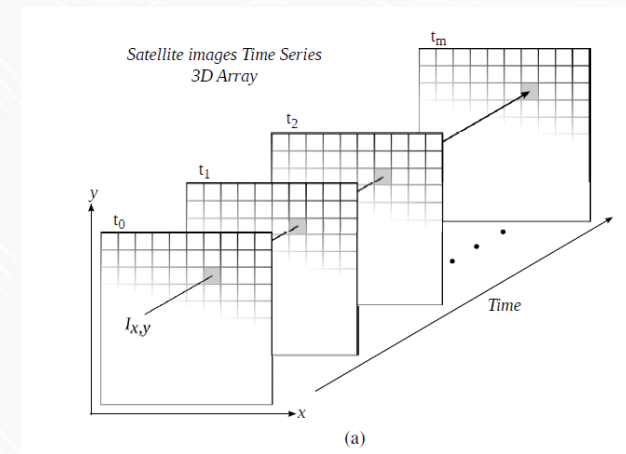
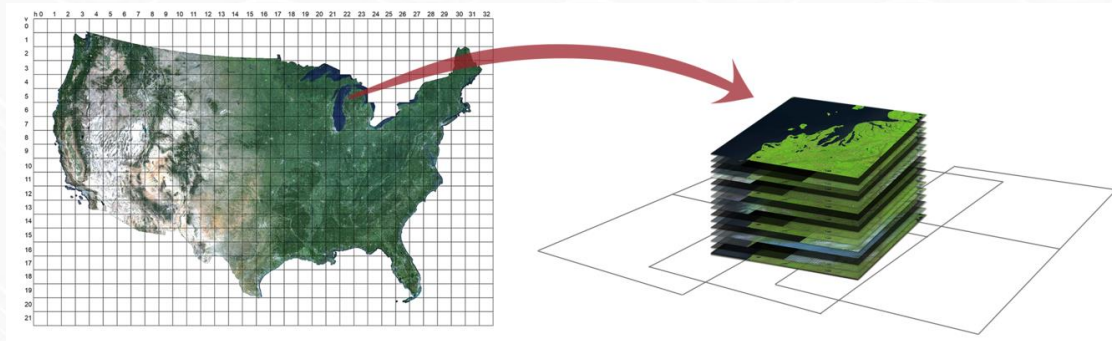
- Alterar mapa base
- Buscar (municípios, UFs)
- Inserir ponto (coordenadas)
- Informação do ponto
- Carregar shapefile de pontos

Dados do ponto selecionado

Geocódigo: 5206206 Município: Cristalina - GO Bioma: Cerrado

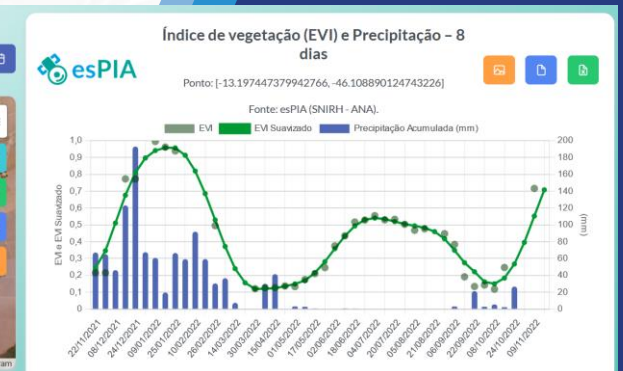
Cadastro Ambiental Rural - CAR

Código	Tipo	Status	Descrição da Condição	Área
GO-5206206-A191E70AFB3D4380886B1B88E63D85F8	IMÓVEL RURAL	IRU	ATIVO	Aguardando análise 1.118,37 ha



❑ Uso de Cubo de Dados Pronto Para Análise:

- ❑ Imagens Ortoretificadas e reamostradas no tempo e espaço (intervalos igualmente espaçados)
- ❑ Imagens com correção atmosférica e Filtro de nuvens
- ❑ Disponibilização em Servidores de dados
- ❑ Sequência histórica de imagens Planet



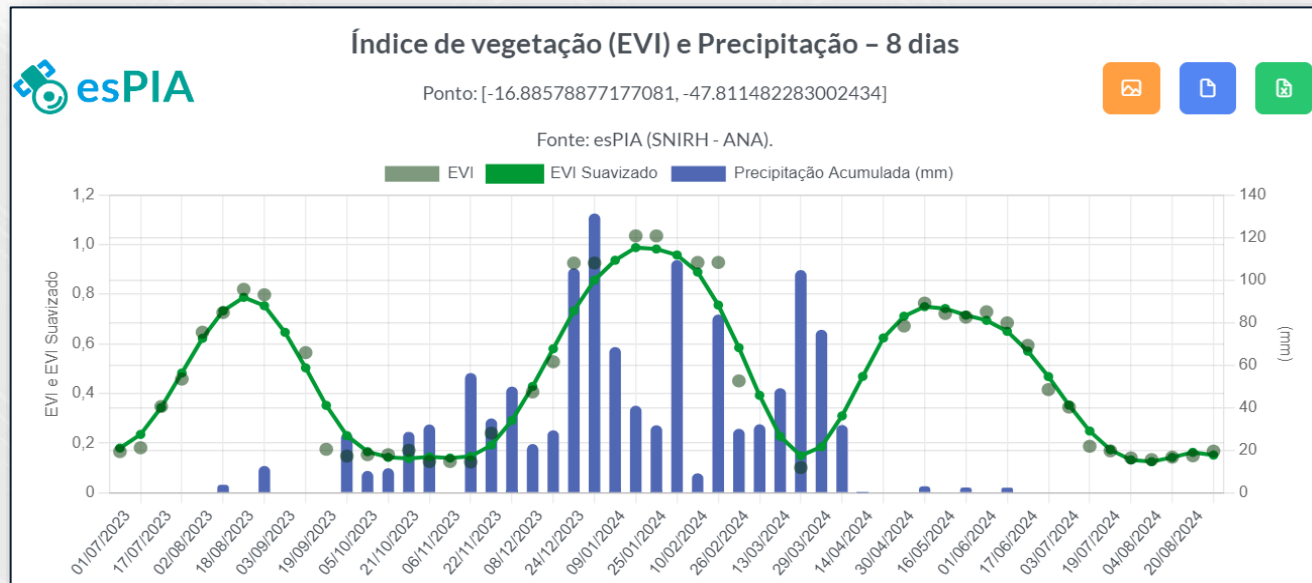
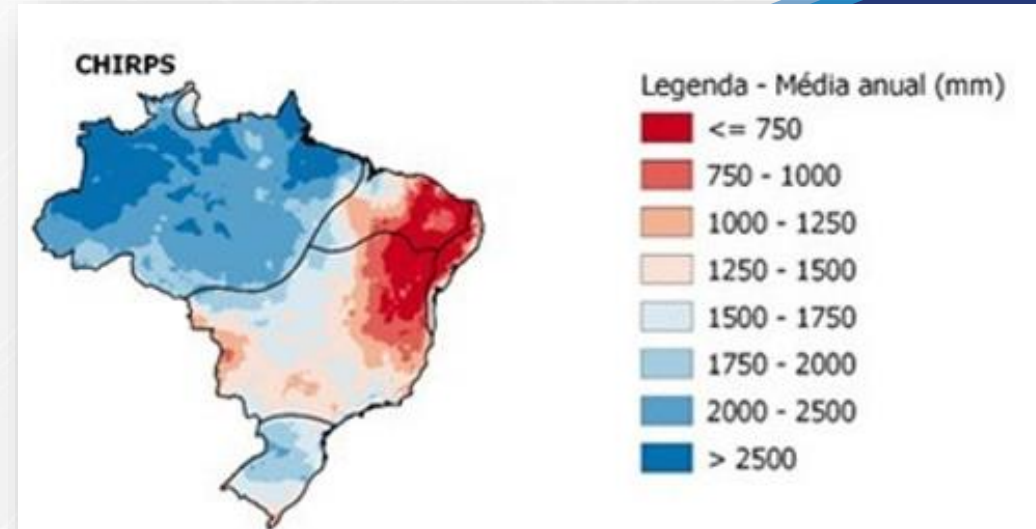
Embasamento teórico

Dados de chuva



CHIRPS v 2.0- Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations Utilizada para o histórico de precipitação - Desde 31/12/2018

- Conjunto de dados de precipitação quase global de mais de 30 anos.
- Incorpora imagens de satélite com resolução de $0,05^\circ$ (~5 km) com dados de estação in-situ para criar séries temporais de precipitação



Embasamento teórico

Dados de chuva

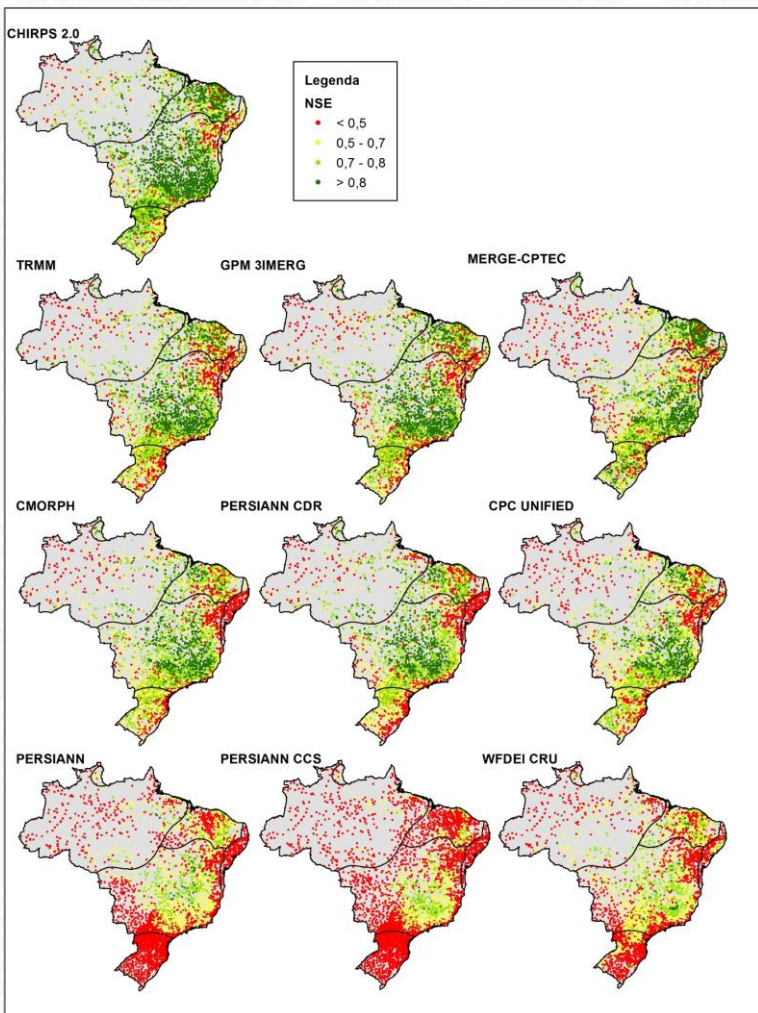
PROJETO ANA/UFPR - APRIMORAMENTO DA ESTIMATIVA DE USO DA ÁGUA DE EVAPORAÇÃO LÍQUIDA E IRRIGAÇÃO NO BRASIL E MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA NA UGRH PARANAPANEMA

NOTA TÉCNICA (NT-SP1-04): USO DE DADOS DE SENSORES ORBITAIS NA COMPLEMENTAÇÃO DA REDE METEOROLÓGICA – REVISÃO A

Execução:
 Irani dos Santos (Coordenação)
 Gilson Bauer Schultz
 Cynthia Roberti Lima
 Nicolas dos Santos Rosa

Setembro, 2020

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ESTIMATIVAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO



- MERGE-CPTEC, CHIRPS e CMORPH se destacaram por apresentar os melhores resultados em condições de menor precipitação.

- CHIRPS apresentou os melhores resultados comparando com o conjunto das estações - R^2 e NSE - Nash-Sutcliffe Efficiency.

- CHIRPS se destacou por representar bem o comportamento das séries mensais de precipitação.

- CHIRPS disponível no GEE

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS PRODUTOS DE ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO AVALIADOS

Sigla	Nome	Período	Resolução espacial	Resolução temporal
CHIRPS v2.0	Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations	1981-presente	0,05°	diário
TRMM (3B43 V7)	Tropical Rainfall Measuring Mission	1998 - 2020	0,25 °	Mensal/diário/3h ¹
GPM_3IMERGM (V06B)	Integrated Multi-Satellite Retrievals for global precipitation measurement	06/2000 - presente	0,1 °	Mensal/diário/3h ¹
PERSIANN-CDR	Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks - Climate Data Record	1983 - 2017	0,25 °	Diário
PERSIANN	Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks	2000 - presente	0,25 °	1 hora
PERSIANN-CCR	Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks - Cloud Classification System	2003 - presente	0,04 °	1 hora
CMORPH CDR	NOAA CPC Morphing Technique - Climate Data Record	1998 - presente	0,25 °	30 min /3 h/ diário
CPC UNIFIED	Climate Prediction Center (CPC) Unified V1.0 and RT	1979 – presente	0,5 °	Diário
WFDEI-CRU	WATCH Forcing Data ERA-Interim	1979 – 2018	0,5°	3hr / Diário
MERGE CPTEC	MERGE gerado a partir do GPM-IMERG V06	06/2000– presente	0,1 °	Diário

¹ a versão desses produtos utilizada na avaliação apresenta resolução mensal, no entanto, existe versões com resolução de 3 horas e diários

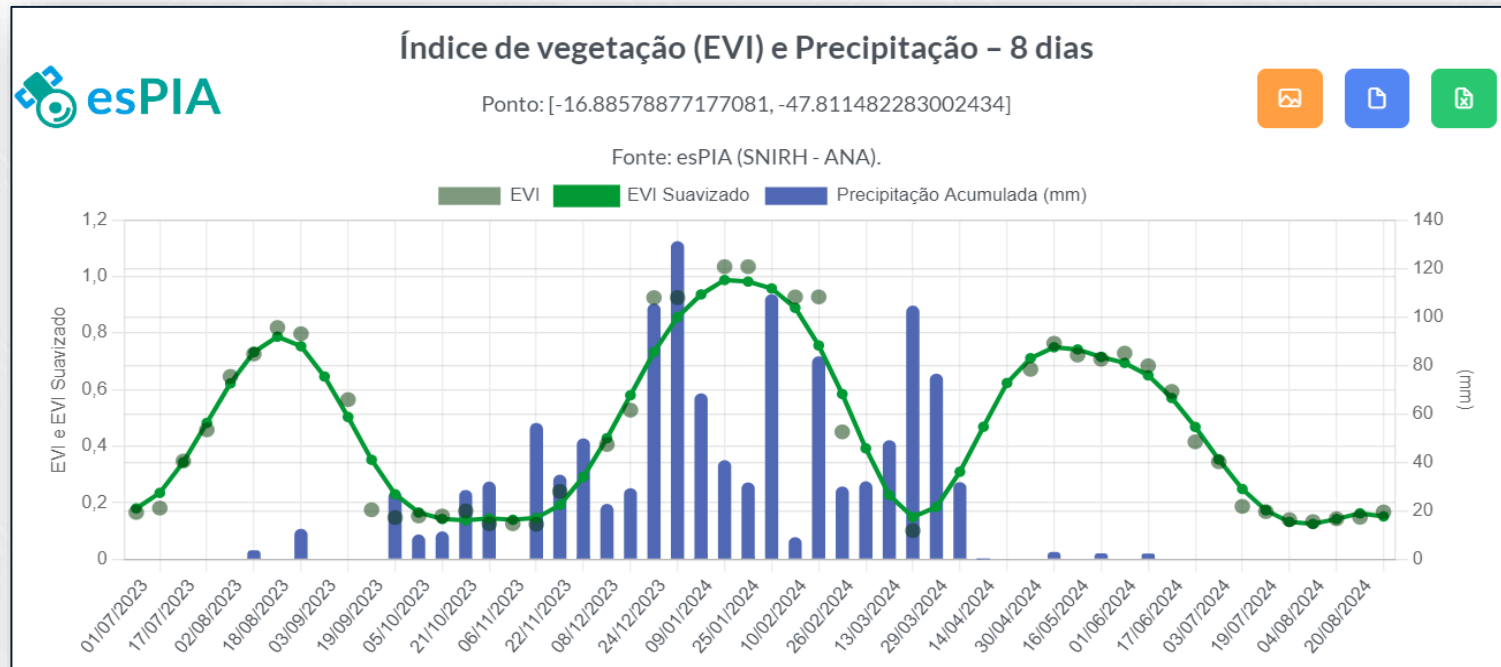
Conhecendo o esPIA



Acesse : <https://espia.snirh.gov.br>

Módulo Gráfico

- Índice de Vegetação – EVI – Sentinel 2
- Índice de Vegetação – EVI Suavizado
- Dados de chuva - CHIRPS – estimativa de precipitação por satélite



Salvar dados do gráfico em imagem (.png) ou tabela (.csv ou .xlsx):



EXEMPLO DE USO

APOIO ÀS ANÁLISES DE DENÚNCIAS E RECURSOS ADMINISTRATIVOS

Caso: Análise de quantitativo de área irrigada



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

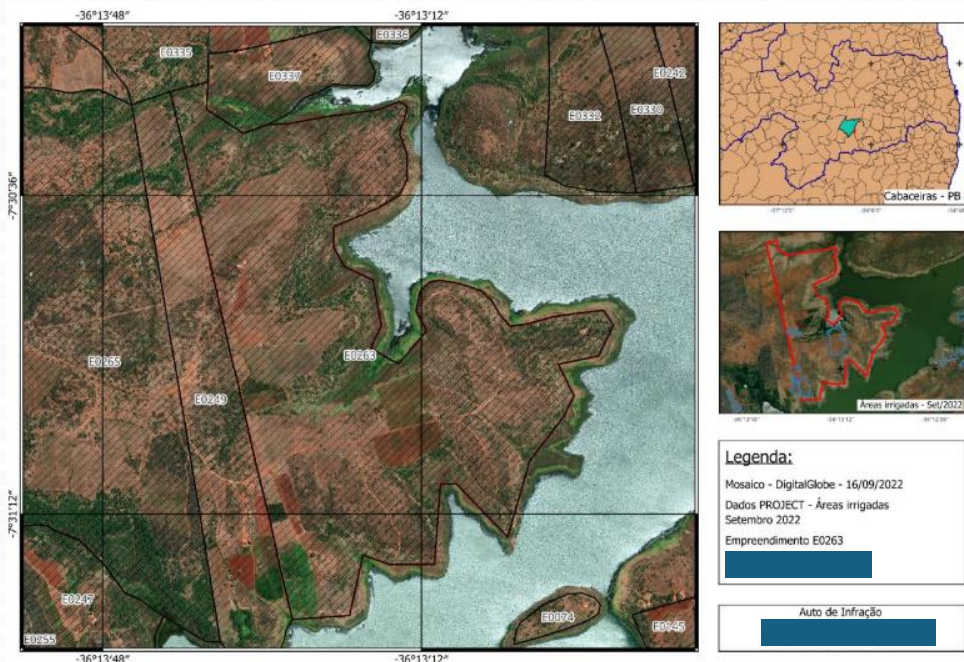
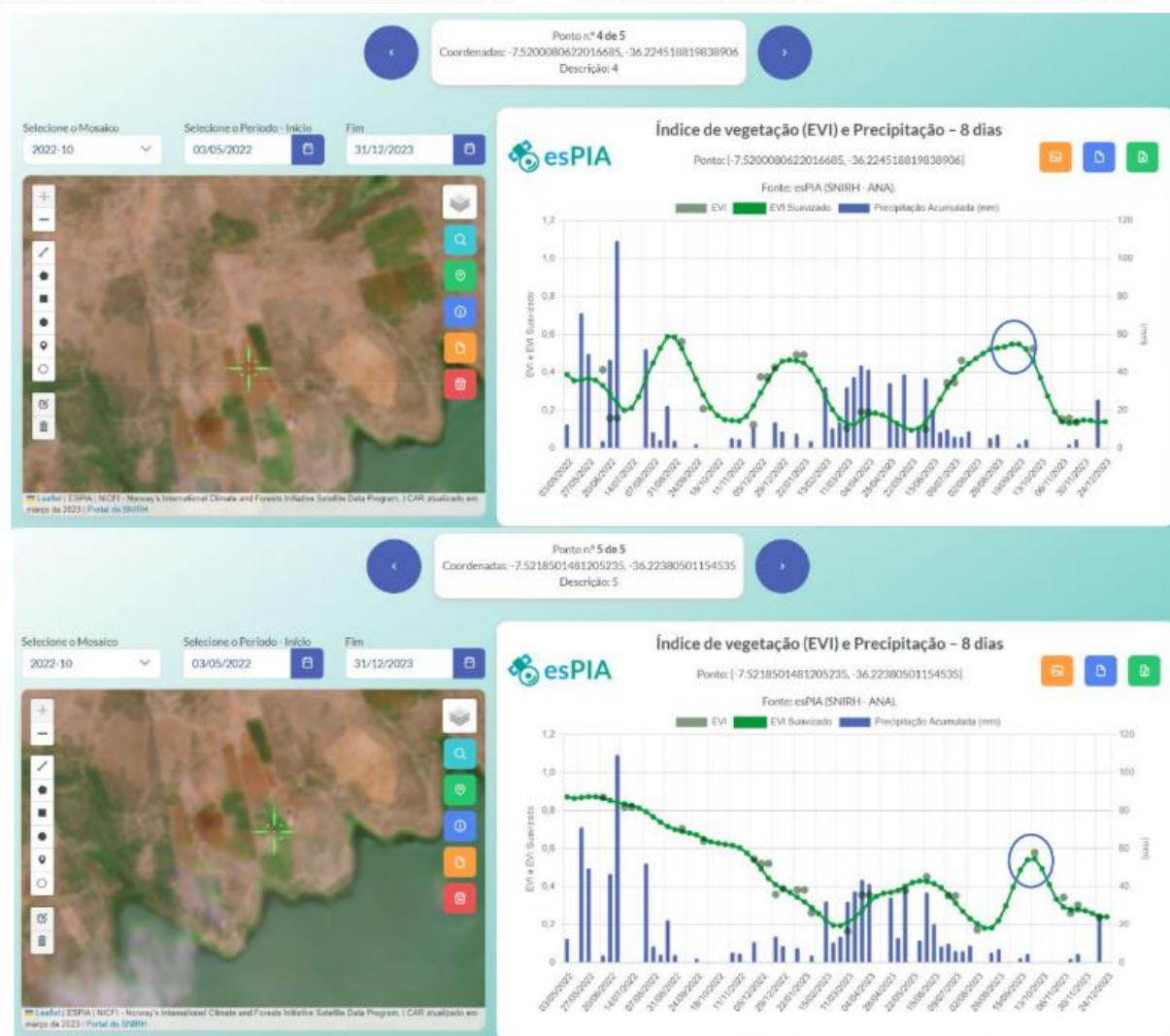


Figura 4: Dados da ferramenta esPIA – Earth Surface Point Inspection App para a amostragem de alguns pontos dentro do polígono do usuário, com apresentação do EVI, EVI suavizado e Precipitação Acumulada (continuação).

EXEMPLO DE USO

APOIO ÀS ANÁLISES DE DENÚNCIAS E RECURSOS ADMINISTRATIVOS

Caso: Análise de inatividade parcial



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO

Parecer

ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO

PARECER TÉCNICO Nº 2/2021/COCAM/SFI
Documento nº 02500.051930/2021-59
Referência: Processo nº 02501.003461/2021

Resolução ANA nº 587/2012. Usuário [REDACTED]
Análise de inatividade parcial.

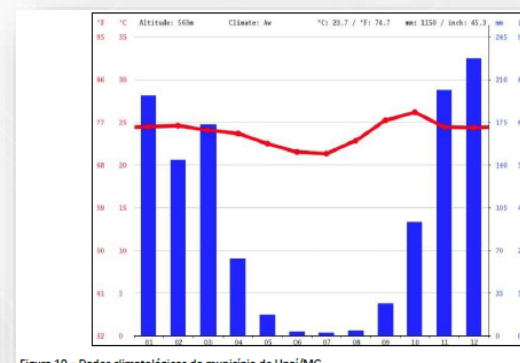
OBJETIVO

1. Realizar análise quanto à **inatividade parcial do usuário** outorgado através da Resolução nº 587, de 04 de outubro de 2012, para captação de água no rio Preto em Unai/MG para irrigação de feijão por pivô central em uma área de 75,5 hectares.

Imagens Planet



Precipitação



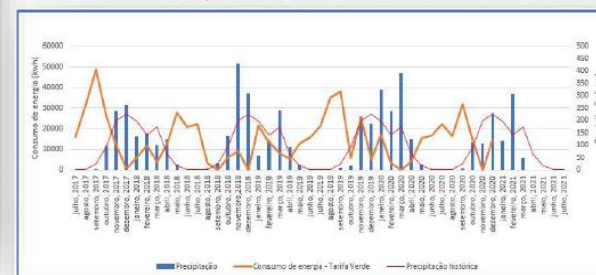
12. De acordo com dados climatológicos históricos obtidos em <https://pt.climate-data.org/> e resumidos na Figura 10, o município de Unai/MG possui as menores precipitações nos meses de maio a setembro, sendo julho o mês historicamente menos chuvoso com média de 2 mm, e as maiores precipitações nos meses de novembro a março, sendo dezembro o mês historicamente mais chuvoso com média de 227 mm.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	24,5	24,6	24,1	23,7	22,9	21,9	21,3	22,9	25,2	26,1	24,4	24,4
Temperatura mínima (°C)	20,5	20,5	20,3	19,5	17,9	16,2	15,5	16,5	19,9	20,7	20,5	20,6
Temperatura máxima (°C)	28,9	29,1	28,5	28,2	27,9	27	27,1	28,9	31,3	31,6	29	28,8
Chuva (mm)	197	144	173	62	17	3	2	4	28	61	201	227

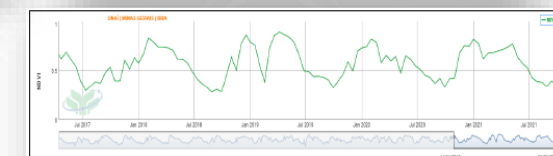
CAR + Identificação da área irrigada



Precipitação X Consumo de Energia



NDVI



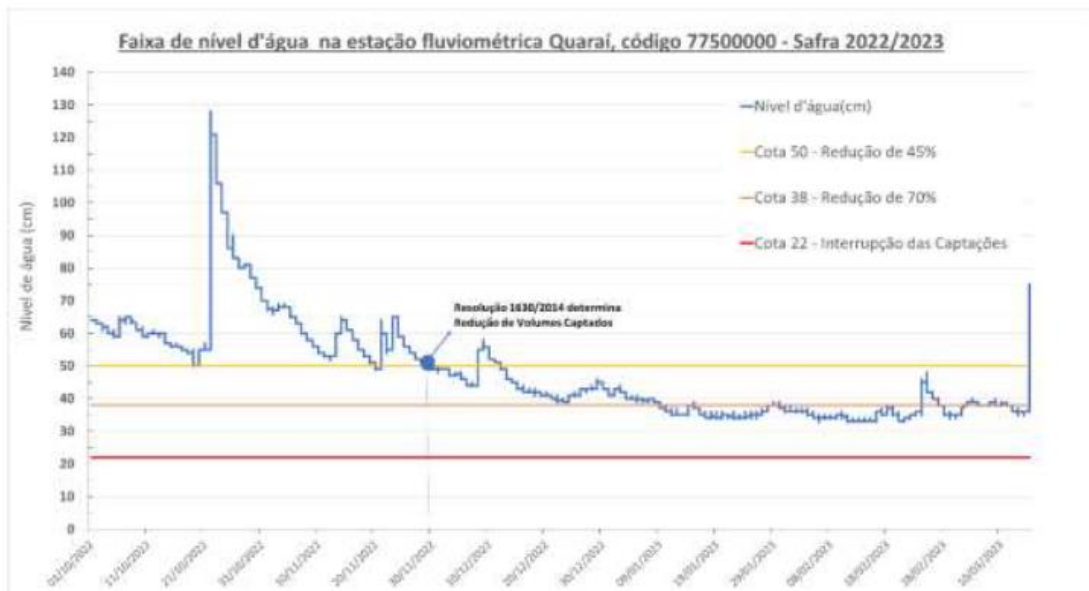
De acordo. Conforme demonstrado no Parecer, o usuário encontra-se regular e ativo quanto uso de recursos hídricos, tendo implantado o empreendimento com área irrigada compatível com a outorga e não podendo ser caracterizada ausência de uso por três anos consecutivos. Dessa forma, não se recomenda a suspensão parcial da outorga.

EXEMPLO DE USO

ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO



Marco Regulatório Quaraí Res. 1630/2014

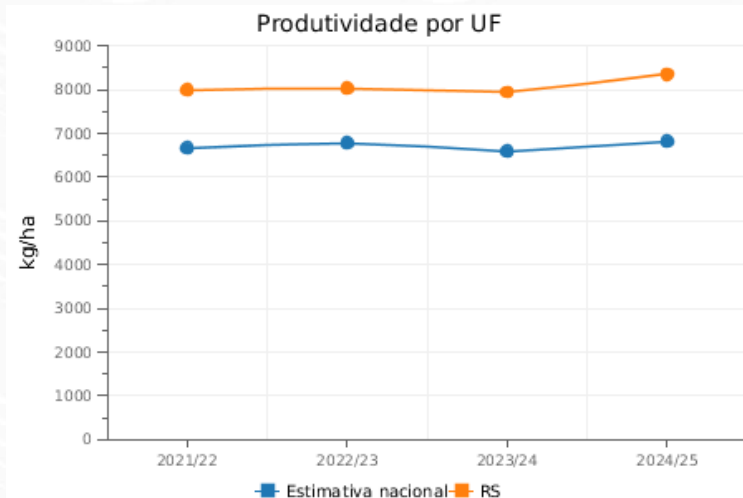
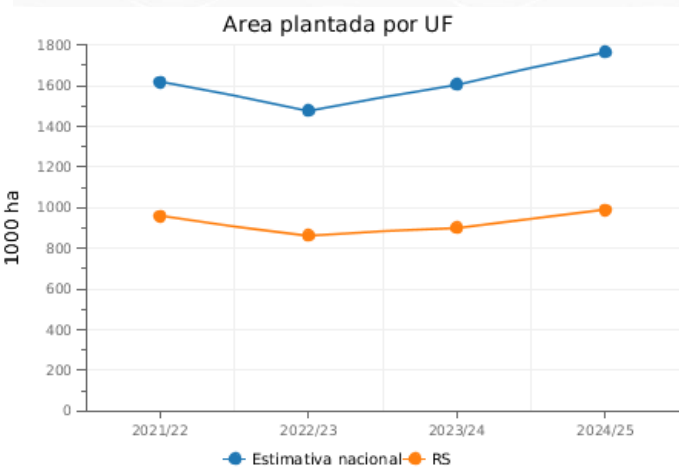
Art. 1º Outorgar aos usuários listados nas Tabela I, anexa a esta Resolução, doravante denominados Outorgados, o direito de uso de recursos hídricos para captação de água no rio Quaraí, nos municípios de Quaraí, Uruguai e Barra do Quaraí, Estado do Rio Grande do Sul.

§ 1º Os trinta e três Outorgados listados na Tabela I deverão:

I - reduzir os volumes captados e o número de horas de captação diária nos períodos hidrológicos críticos, de acordo com o nível d'água na estação fluviométrica de Quaraí, código nº 77500000, conforme a tabela abaixo:

Faixa de nível d'água na estação fluviométrica Quaraí	Faixa de vazões características	Regra de redução de volumes
Acima de 50cm	Acima da Q ₇₉	Atendimento total às demandas
Entre 38 e 50cm	Entre a Q ₈₆ e a Q ₇₉	Redução de 45%
Entre 22 e 38 cm	Entre a Q ₉₁ e a Q ₈₆	Redução de 70 %
Abaixo de 22 cm	Abaixo da Q ₉₁	Interrupção das captações

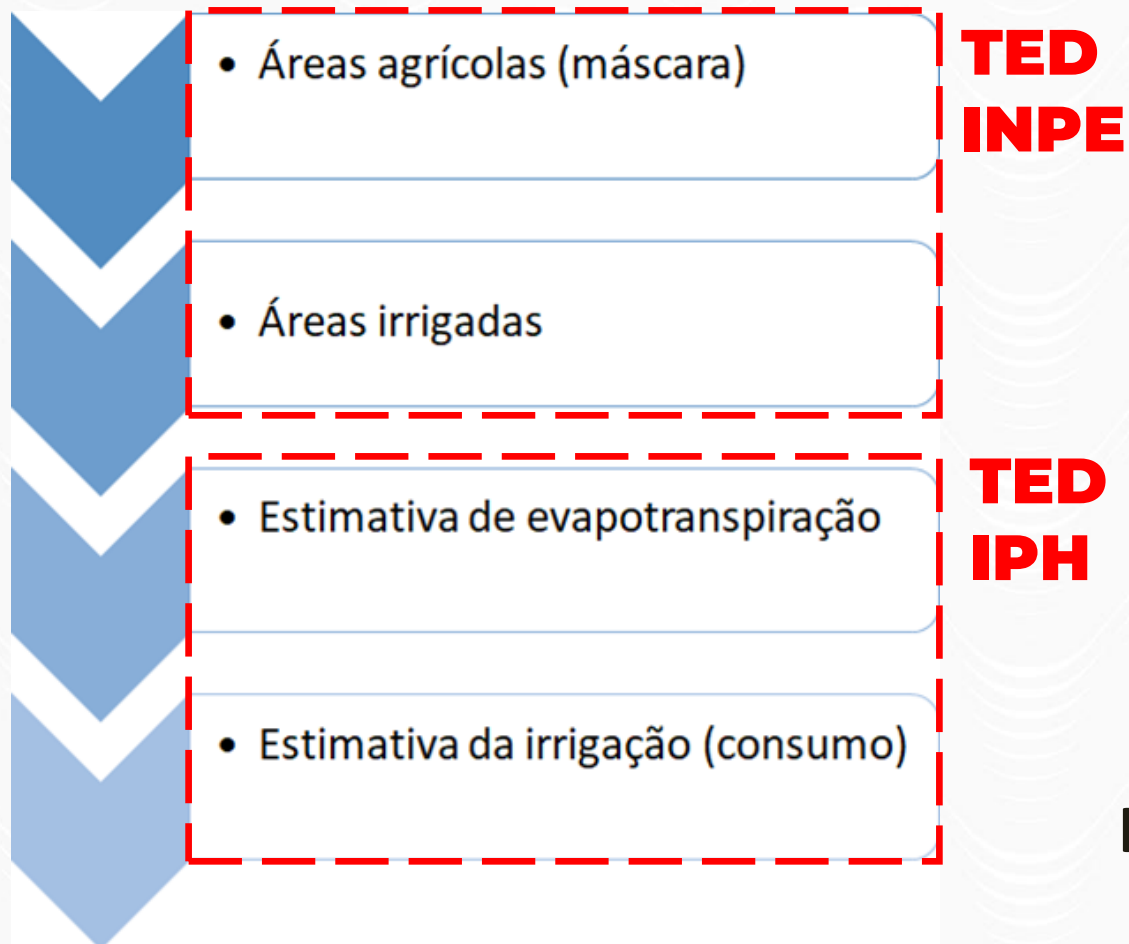
Figura1 – Faixa do nível d'água na estação Fluviométrica Quaraí, Código77500000, entre 10/2022 e 03/2023 e faixas de cotas que a Resolução 1630/2014 determina redução de volumes captados.



Estimativa da Irrigação por satélite



Etapas na estimativa da irrigação



$$\text{Irrigação} = f(\text{Evapotranspiração} - \text{Precipitação})$$

Subprojeto 3

Subprojeto 1

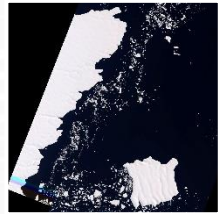
Subprojeto 2

TED ANA-INPE

Aperfeiçoar e Automatizar o mapeamento de áreas irrigadas

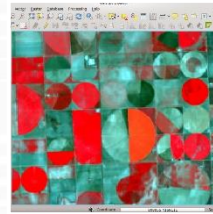


Sat-Irriga



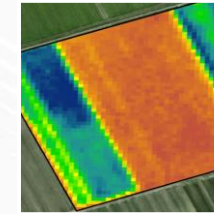
2024

- Máscaras agrícolas para os principais sistemas de interesse da fiscalização: metodologia aperfeiçoada e implementação computacional.



2024

- Implementação de 3 métodos, no GEE, para o mapeamento de áreas irrigadas proporcionando maior automatização.



2025

- Integração do mapeamento com o cadastro georreferenciado.
- Relatório de fiscalização remota e ferramenta de alerta.
- Análise de conformidade

TED ANA-IPH: Metas



1

OpenET-Brasil: estimar a evapotranspiração em ambiente de computação em nuvem para todo o Brasil.

2

GridMet Brasil: estimar a precipitação em escala diária para todo o território nacional pela integração de produtos satelitais e a rede meteorológica nacional.

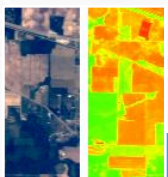
3

Sat-Irriga: estimar o volume de irrigação em áreas agrícolas selecionadas usando sensoriamento remoto (metas 1 e 2) e modelos hidrológicos.



Benefícios diretos para a fiscalização remota, desenvolvimento de novas ferramentas e automatização de processamento, aumentando a eficiência/eficácia/confiabilidade

2025



- **OpenET Brasil:** estimativa diária de evapotranspiração real em todo o território brasileiro usando seis modelos, incorporados no GEE.
- Calibração e validação dos modelos geeSEBAL e SSEBOP para aplicações no Brasil.
- Execução no Google Earth Engine (GEE: versão 1).

2025/26



- **GridMet Brasil:** estimativa diária de precipitação em todo o território brasileiro a partir da integração da rede meteorológica nacional (INMET e ANA) e produtos de satélite incorporados no GEE.
- Relatório sobre o estado-da-arte das estimativas de precipitação por sensoriamento remoto.

2026



+ INPE

- **Sat-Irriga:** estimativa diária do volume de água usado na irrigação em áreas agrícolas selecionadas a partir dos produtos OpenET e GridMet Brasil disponíveis no GEE.
- Relatório sobre o estado-da-arte das estimativas de irrigação em grandes áreas, combinando sensoriamento remoto e modelagem hidrológica.



MINISTÉRIO DA
INTEGRAÇÃO E DO
DESENVOLVIMENTO
REGIONAL

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Obrigado!

até a próxima.