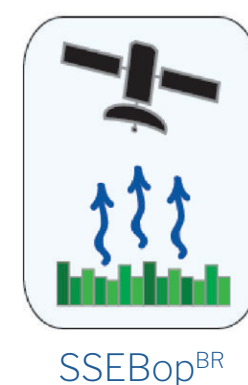


FERRAMENTAS PARA MONITORAMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA



Como parte da missão de garantir a segurança hídrica para o desenvolvimento sustentável do Brasil, a ANA desenvolve ferramentas públicas para as mais diversas aplicações, como o Monitor de Secas, o Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) e o Hidroweb.

Esse Boletim apresenta as atualizações realizadas na aplicação SSEBop^{BR}, além de apresentar a inédita aplicação esPIA ao público. Ambas funcionam de forma interativa, com processamento de dados públicos e gratuitos em nuvem.

Em 2020, a ANA, em parceria com o *United States Geological Survey* (USGS) e a Agrosatélite, concluiu a implementação do modelo *Operational Simplified Surface Energy Balance* (SSEBop) no Brasil - a publicação *Estimativas de Evapotranspiração Real por Sensoriamento Remoto no Brasil* registra a metodologia, as funcionalidades da ferramenta e resultados de aplicações.

Entre 2021 e 2022, o USGS publicou aprimoramentos do modelo SSEBop, que foram objeto de discussão técnica com a ANA. Em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS, outras melhorias foram realizadas em dados climáticos para o Brasil e na interface pública da aplicação, resultando no *App SSEBop^{BR} versão 2.0* - divulgada por meio desse Boletim SNIRH.

Em 2022, a ANA também ampliou com o INPE uma parceria iniciada em 2020 para o Atlas Irrigação 2021, visando o

aprimoramento de indicadores de mapeamento e monitoramento de áreas irrigadas. O projeto em andamento teve como uma de suas entregas intermediárias uma ferramenta nomeada *Earth Surface Point Inspection App - esPIA*.

Desenvolvidas inicialmente para estudos na agricultura irrigada, as ferramentas aplicam-se em temas como hidrologia, balanço hídrico, monitoramento ambiental e uso da terra. Na esfera dos recursos hídricos, são úteis para identificar outorgas de uso da água inativas, padrões de cultivo e de uso da água, fiscalização remota e atendimento a outros normativos como suspensão de uso em crises hídricas e marcos regulatórios.

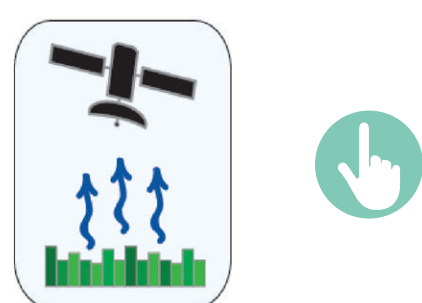


A evapotranspiração representa a evaporação da água da superfície do solo e da vegetação e a transpiração das plantas, ou seja, representa o total de água transferida da superfície terrestre para a atmosfera.

▶ Os Boletins do SNIRH foram criados para apresentar as principais novidades e atualizações das informações sobre águas no Brasil, contribuindo para a difusão do conhecimento e a gestão dos recursos hídricos



Elaborado pela ANA com diversos parceiros, é o documento mais completo sobre a agricultura irrigada e sua interface com os recursos hídricos no Brasil



Improving SSEBop with the Forcing and Normalizing Operation. Remote Sensing. Under Preparation.

O SSEBop^{BR} 2.0 traz inovações metodológicas e na aplicação, aprimorando a acurácia da estimativa da evapotranspiração real, a escala espacial de análises, o número de variáveis disponíveis e a acessibilidade à informação.

No aspecto metodológico, houve mudanças na fonte das variáveis meteorológicas, no dT (diferença de temperatura) e no acervo de imagens Landsat; e modificações no cálculo do *c-factor* (fator de correção da temperatura).

A referência meteorológica passa a ser o ERA-5 – produto de reanálise climática da Cooperação Européia Copernicus com melhor resolução espaço-temporal e atualização em tempo real na nuvem. Sob orientação do USGS, foi aplicada uma superfície mensal de correção de viés do produto ERA-5, com base no comparativo da série histórica com a mesma evapotranspiração de referência calculada em 445 estações automáticas do INMET.

No dT, o SSEBop^{BR} passa a utilizar a mesma fonte de dados SSEBop global, disponibilizada pelo USGS, tendo sua escala de pixel aprimorada de 27 km² para 1 km² e tendo como fonte de radiação líquida (Rn) o dado do ERA-5 sob condições de nebulosidade média.

As imagens Landsat 5, 7 e 8 tiveram a coleção 1 substituída pela coleção 2 da reflectância no topo de atmosfera (TOA), além da adição das imagens Landsat 9, disponível a partir de 30/10/2021.

Por fim, no cálculo do *c-factor* passou-se a utilizar o método FANO (*Forcing and Normalizing Operation*), conforme pro-

posto por Senay et al. (2022). Esse método permite criar um fator *c* em grade usando uma equação empírica em função de NDVI, Ts (temperatura) e dT. Ele força uma referência fria em cada pixel usando uma série de procedimentos de normalização para contabilizar fatores de confusão espaço-temporais. A consequência prática dessa mudança é que passamos a ter um valor de *c* por pixel Landsat, ao invés de um único valor por cena, aumentando assim a resolução espacial e consequentemente maior acurácia na estimativa de ETa.

No que tange ao App SSEBop^{BR}, interface operacional do modelo para atendimento à demanda dos usuários, houve melhorias gerais na aparência em cores, logos, fontes de texto e disposição das informações e botões.

Um novo gráfico foi incluído na aplicação, explicitando o resultado da evapotranspiração real com dados de precipitação do CHIRPS. Os resultados de fração da evapotranspiração, calculados pelo SSEBop^{BR} também estão mais explícitos no gráfico e em suas opções de download em tabela.

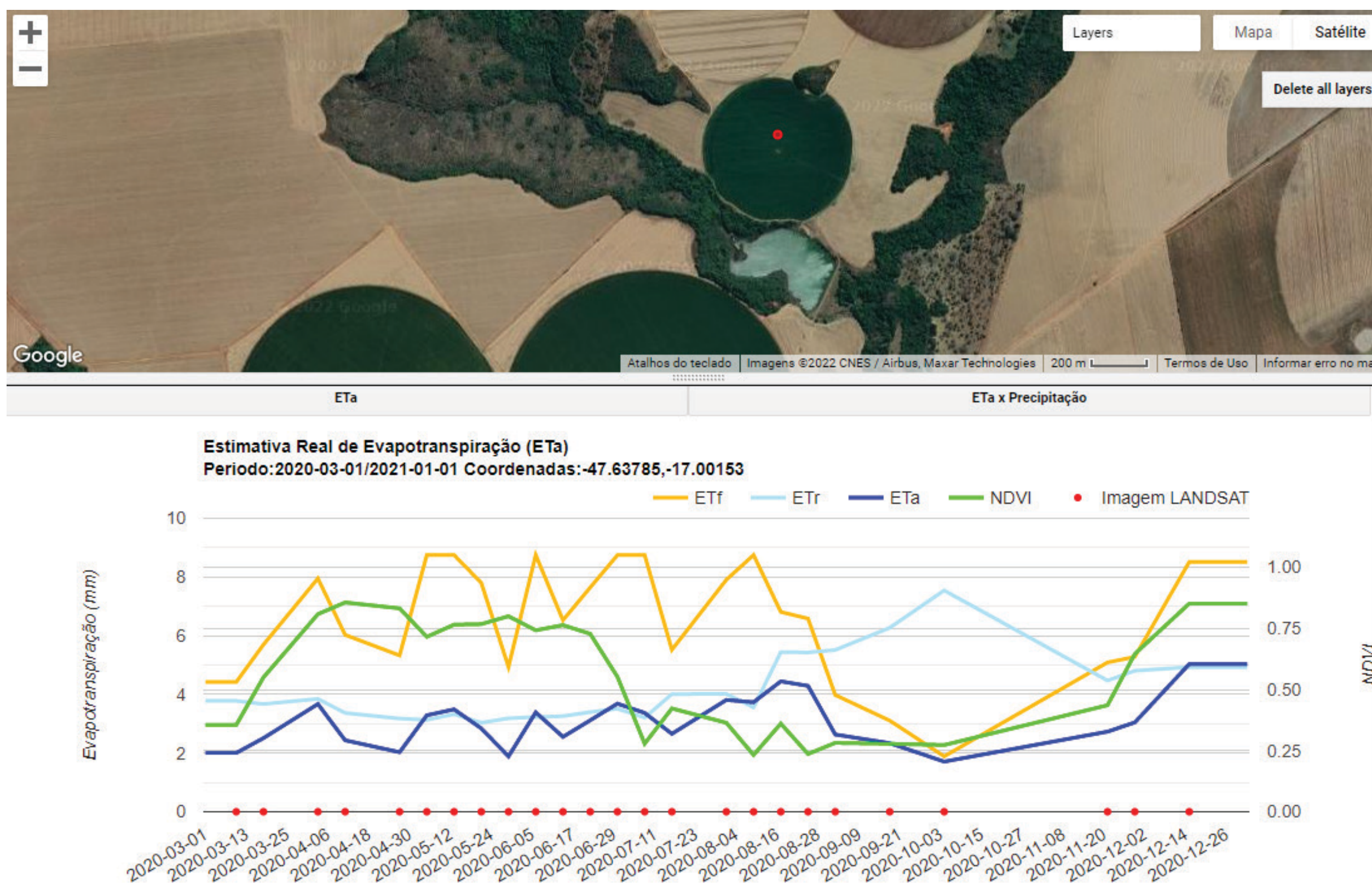
Atendendo a demanda de usuários, foi implementada uma opção de processamento em lote, a partir de um arquivo wkt ou geoJSON. Essa função está limitada a uma escala de processamento da ordem de um ano para 10 a 15 pontos - arquivos maiores não serão processados.

As expressivas melhorias do App SSEBop^{BR} em termos metodológicos e de interface aumentaram o custo computacional, portanto, os usuários devem notar um tempo de resposta menos instantâneo.

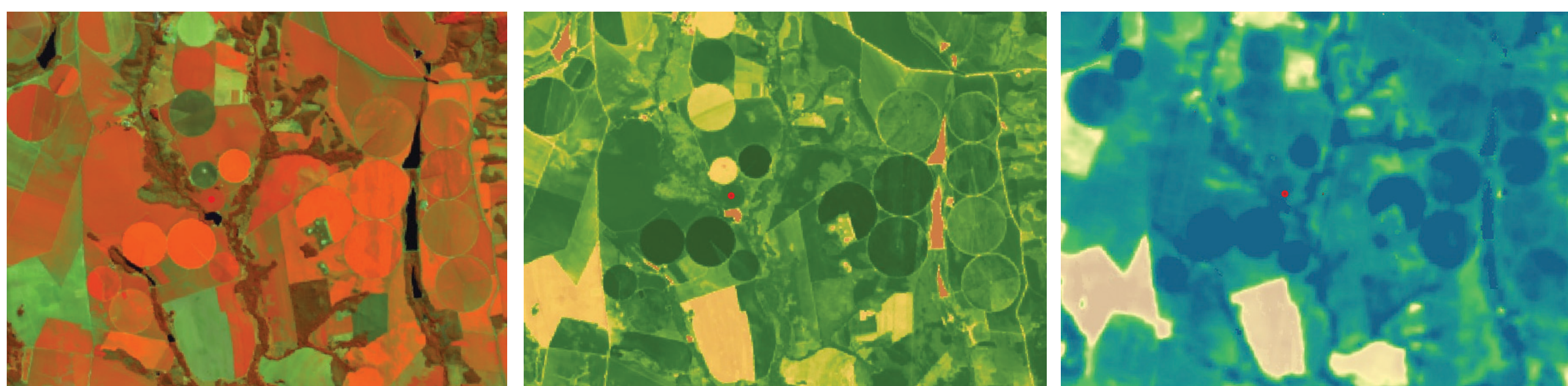
Indicadores do SSEBop^{BR}

- ▶ **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** – índice de vegetação baseado em bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho dos satélites Landsat. Varia de -1 a 1. Valores próximos a zero indicam baixa cobertura vegetal, e próximos a 1 alta cobertura.
- ▶ **ETr (Evapotranspiração de Referência)** – ET de referência adotada no SSEBop^{BR}, em mm/dia, padronizada pela ASCE para a equação de referência diária de Penman-Monteith para alfafa alta. Obtida a partir de dados meteorológicos.
- ▶ **ETf (Fração da evapotranspiração)** – fração da evapotranspiração de referência estimada pelo modelo SSEBop^{BR}, por pixel. É semelhante ao conceito de coeficiente de cultura. A ETf geralmente varia de 0 a 1,05 (adimensional).
- ▶ **ETa (Evapotranspiração real)** – multiplicação da ET de referência pela fração da ET (ETf) ($ETa = ETf \times ETr$). Unidade: mm por dia.
- ▶ **Precipitação** – chuva diária, em mm, na data de referência. Os dados do CHIRPS podem apresentar defasagem de até 2 meses em relação à data da consulta na ferramenta.

SSEBop^{BR} - Mapa de referência e gráfico com estimativas



SSEBop^{BR} - Indicadores por imagem de satélite Landsat (exemplos) imagem de 14 de junho de 2020 em Cristalina (GO)



Composição falsa cor

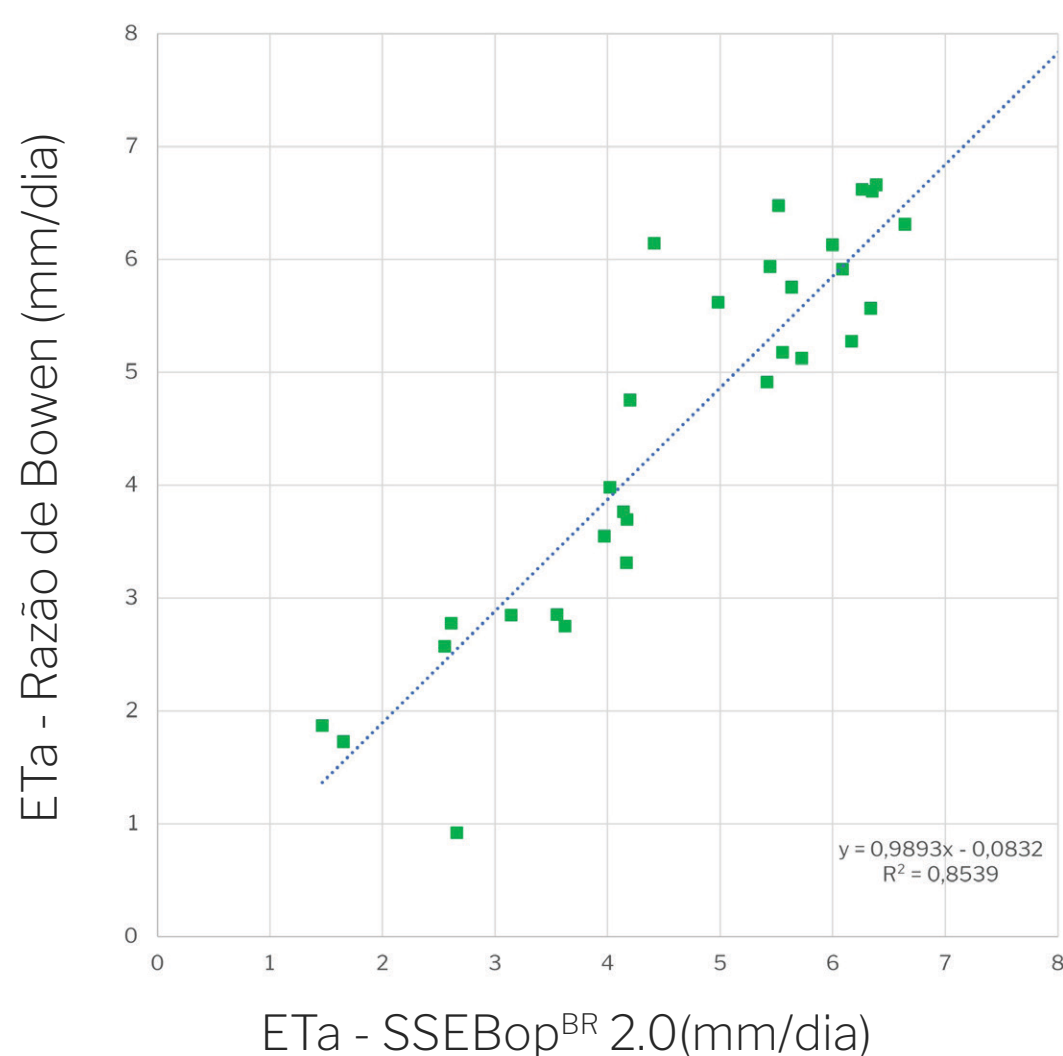
NDVI

Fração da evapotranspiração

Avaliação

O gráfico ao lado apresenta o comparativo das estimativas diárias do SSEBop^{BR} com dados obtidos em campo para 32 observações coletadas entre 2014 e 2017 e validadas pela ANA.

Os resultados mostram magnitude similar dos valores e ótimo coeficiente de correlação - superior a 85%. Cabe destacar que o método de razão de Bowen dos dados de campo também está sujeito a incertezas.



Indicadores do esPIA

- ▶ **EVI (Enhanced Vegetation Index)** – Índice de vegetação baseado em bandas das imagens do satélite Sentinel. Varia de -1 a 1. Valores próximos a zero indicam baixa cobertura vegetal, e próximos a 1 alta cobertura. O valor refere-se à mesma data ou à mais próxima, da data indicada para o EVI Suavizado
- ▶ **EVI Suavizado** – EVI interpolado, suavizado e reamostrado para um período regular de 8 dias entre a data inicial e final da consulta.

- ▶ **Precipitação acumulada** – chuva incidente, em mm, nos 8 dias anteriores à data de referência. Os dados do CHIRPS podem apresentar defasagem de até 2 meses em relação à data da consulta na ferramenta.



Acesse a documentação nas ferramentas para mais informações sobre os indicadores, as metodologias e as fontes de dados



esPIA

espia.snirh.gov.br



A ferramenta *Earth Surface Point Inspection App* (esPIA) foi criada inicialmente para a interpretação de padrões de manejo da agricultura irrigada (especialmente a extensão e número de safras em culturas temporárias). Permite consultas a séries temporais, em qualquer ponto do território brasileiro, de índice de vegetação e de chuva, igualmente espaçadas, consistidas e interpoladas a cada oito (8) dias.

Os dados de **precipitação** são obtidos do produto CHIRPS (*Climate Hazards center InfraRed Precipitation with Station data*), que se trata de um dado híbrido obtido de estimativas de precipitação por satélite e dados interpolados de estações pluviométricas, utilizando aprendizado de máquina. Esse dado apresenta resolução temporal diária e resolução espacial de 5 km. Estudos prévios mostram que no Brasil o acumulado semanal da precipitação obtida pelo CHIRPS apresenta boa correlação com os dados das estações meteorológicas locais.

Para composição de séries temporais de valores do **EVI**, com a finalidade de relacioná-la com a curva de desenvolvimento fenológico das culturas agrônômicas, faz-se necessário um processo de interpolação de observações faltantes (identificadas por algoritmos de detecção de nuvens e sombras de nuvens nas imagens), assim como de suavização da curva e reamos-

tragem para equalizar o intervalo no tempo entre as observações, uma vez que naturalmente os satélites não possuem um tempo de revisita regular no mesmo local.

Com curvas suavizadas e observações igualmente espaçadas, tanto a interpretação visual por um usuário quanto a automatização de análises por processos computacionais são facilitadas.

Como pode ser observado na ferramenta esPIA, ao clicar em um determinado ponto localizado, por exemplo, em uma área de agricultura, pode-se visualizar a série temporal do EVI e do EVI Suavizado a cada 8 dias no período especificado, assim como as barras de precipitação acumulada. O EVI (original) refere-se ao dado observado, na mesma data ou na mais próxima, da data indicada para o EVI Suavizado.

Diversas interpretações podem ser dadas aos resultados, a depender dos objetivos da análise. Áreas com persistência de EVI acima de 0,5 indicam biomassa presente (vegetação natural, agrícola etc.). O EVI tende a aumentar com precipitações, especialmente após períodos de estiagem (sem ou com pouca chuva). Em áreas agrícolas, curvas de EVI com evolução persistente de biomassa, sem ou com pouca precipitação no período, indicam a prática de irrigação plena ou suplementar.

As ferramentas e recursos associados (documentação, tutoriais e referências), assim como outros estudos e conteúdos, podem ser acessados no Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos



Veja mais em SNIRH (<https://snirh.gov.br/> > Usos da Água)



Áreas irrigadas em Conceição das Alagoas (MG)
Raylton Alves / Banco de Imagens ANA

Cabeçalho da página principal do esPIA

Bem-vindo ao esPIA - Earth Surface Point Inspection App.

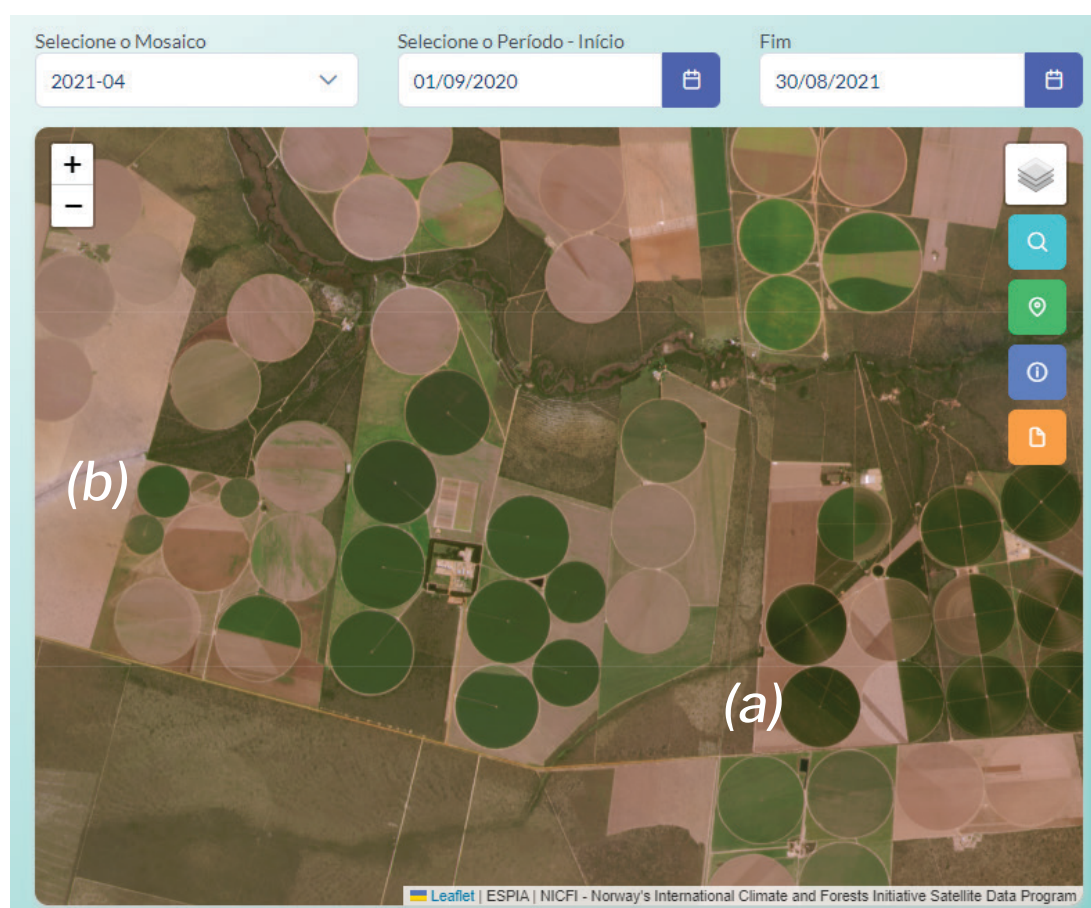
Para visualizar dados de índice de vegetação (Sentinel) e de precipitação (CHIRPS), defina o período e clique em qualquer ponto no mapa - ou entre com as coordenadas de um ponto ou de um conjunto de pontos (.csv). As séries são igualmente espaçadas (8 dias) a partir de suavização e preenchimento de dados. Acesse a documentação e o tutorial da ferramenta para mais informações

Documentação



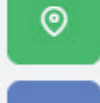


Tutorial

Módulo mapa do esPIA

Área em Barreiras (BA) - ano-safra 2020/21



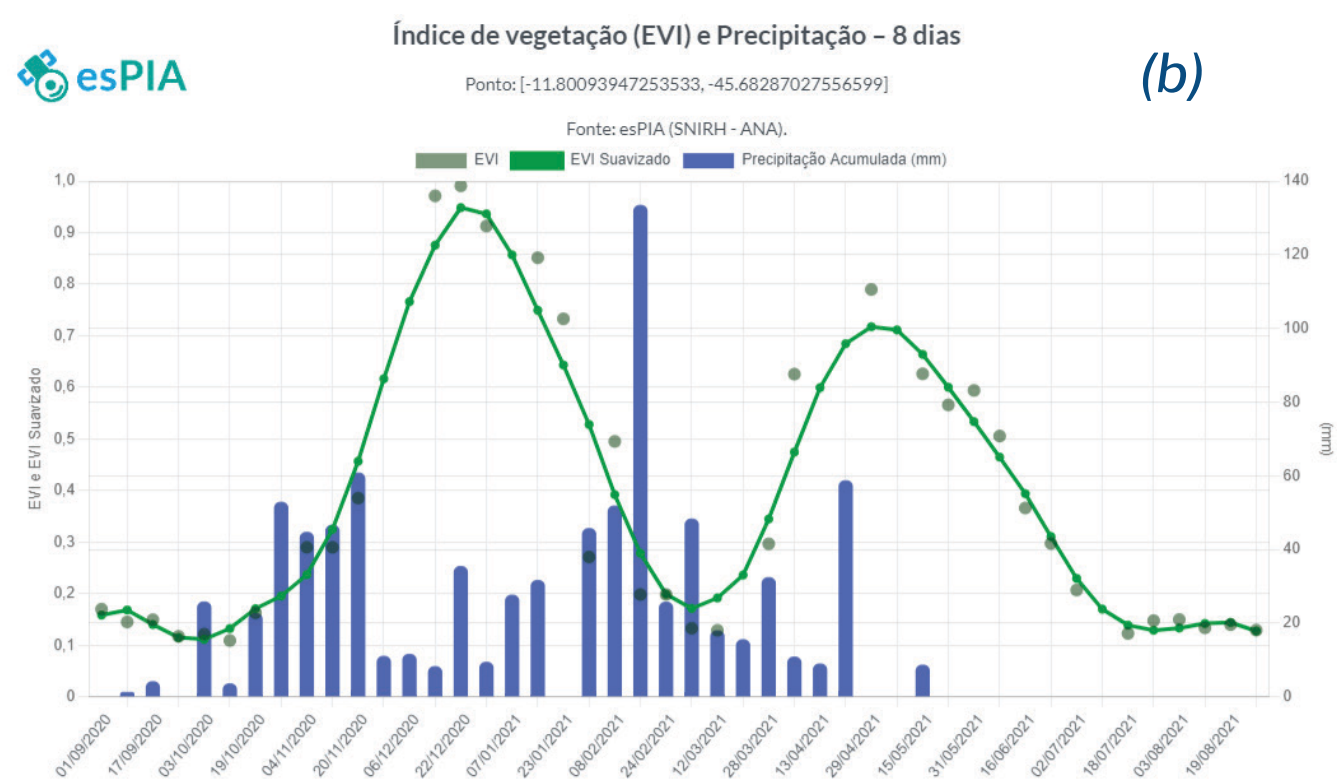
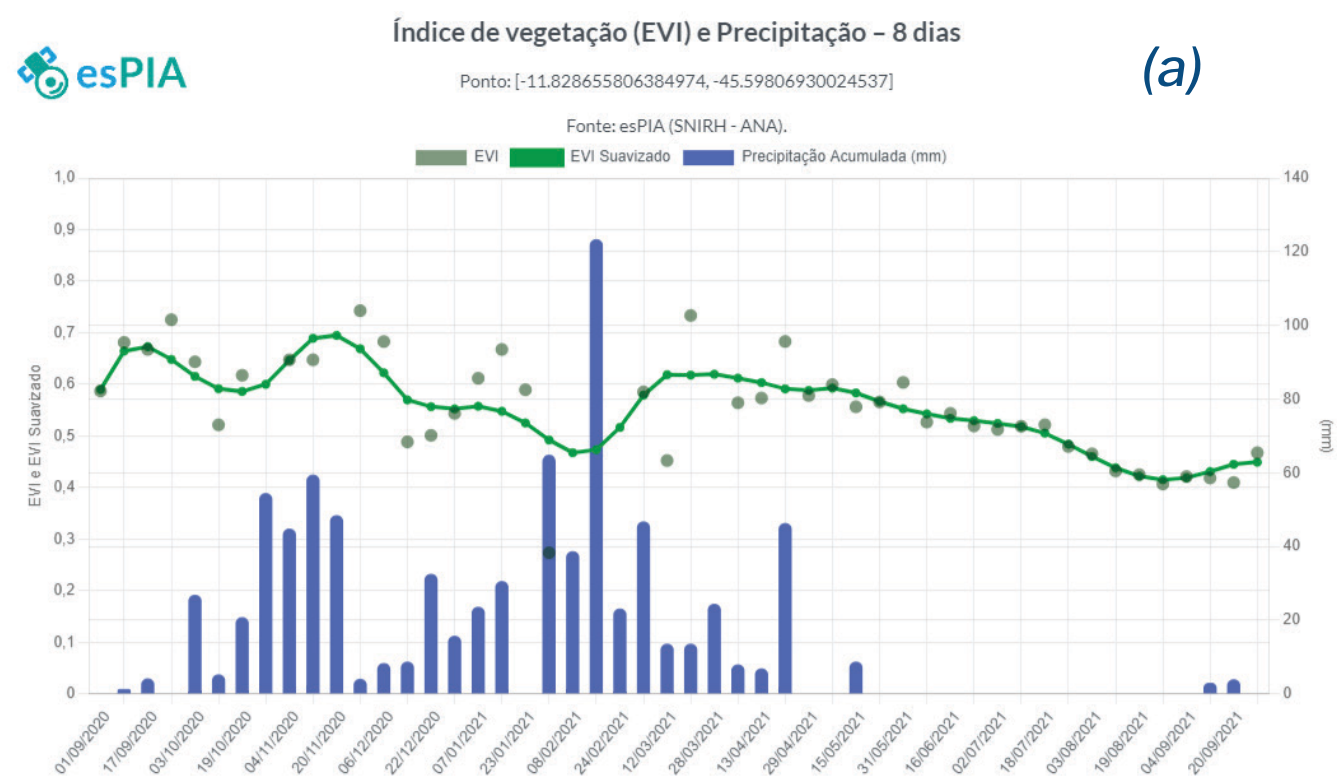
Funcionalidades

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

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



Módulo gráfico do esPIA



Os gráficos consultados em pivôs de irrigação vizinhos indicam dinâmicas agrícolas diferentes: enquanto em (a) há uma cultura permanente (persistência do EVI alto), em (b) houve o plantio de duas culturas no ano-safra - a 2ª mais dependente de irrigação, em função da baixa precipitação.

Parceiros do esPIA



Parceiros do SSEBop^{BR}



Pivô central na região do Alto Rio Paranapanema (SP)
Raylton Alves / Banco de Imagens ANA

Conclusões e Próximos Passos

Todos os caminhos para a **segurança hídrica da agricultura** exigem informação atualizada, sistematizada e acessível aos usuários e tomadores de decisão. O Atlas Irrigação e suas atualizações contribuem para essa trilha, exigindo um esforço integrado com diversos parceiros.

A continuidade desses esforços deve ajudar no reconhecimento da importância da irrigação na expansão e na sustentabilidade da produção agrícola, assim como dos estímulos específicos e diferenciados que o setor necessita em relação aos demais produtores de sequeiro.

Dada a complexidade, a contínua expansão e o caráter difuso e dinâmico da agricultura brasileira, a busca por dados deve ocorrer em diferentes frentes de trabalho, com metodologias e frequências diferentes. Enquanto os levantamentos sistemáticos subjetivos, como o LSPA e os Censos do IBGE, continuam sendo essenciais para o diagnóstico periódico

e o acompanhamento de séries históricas, o **sensoriamento remoto**, associado a outras geotecnologias, permite relevante ganho de escala espacial e temporal, aproximando-se de um efetivo monitoramento.

O **SSEBop BR** e o **esPIA** são ferramentas que contribuem com o monitoramento e a compreensão da dinâmica recente de áreas agrícolas – imagens de satélite de até poucos dias atrás estão disponíveis para processamento pelo usuário.

Em séries de imagens, é possível identificar áreas irrigadas, estabelecer indicadores de dinâmica (cultura temporária ou permanente, duração dos ciclos, número de safras no ano-safra etc.) e até mesmo estimar o consumo direto de água (a partir da evapotranspiração real). A partir da amostragem de diversos pontos em uma região, é possível automatizar a classificação e dispensar a necessidade de interpretação visual por parte de usuários.



O monitoramento da agricultura irrigada é especialmente relevante em áreas especiais de gestão (ou polos) com maior densidade de ocupação e potencial de expansão. Em escala nacional, o Atlas Irrigação identificou 28 Polos Nacionais de Irrigação, que concentram 50% da área irrigada e 60% da demanda hídrica atual.



Veja mais em SNIRH (<https://www.snirh.gov.br/> > Usos da Água)



NOVEMBRO DE 2022

Boletim
SNIRH
nº 2



Superintendência de Estudos Hídricos e Socioeconômicos



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

Como citar:

ANA. Ferramentas para monitoramento da agricultura irrigada. **Boletim do SNIRH**, n. 2, 2022.