

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

Desenvolvimento de Aplicações na plataforma Google Earth Engine para prospecção de dados hidrológicos

William Dantas Vichete¹ ; Lina Maria Osorio Olivos² ; Dário Hachisu Hossoda³ ; Gabriel Anísio dos Santos Soares⁴ ; Rogério Moreira Chagas⁵ ; Arisvaldo Vieira Mello Junior⁶ & João Pedro Araújo Santana⁷

Abstract: This paper presents the development of applications in the Google Earth Engine (GEE) platform for obtaining and analyzing hydrological data and soil physical-hydraulic properties. Based on different data sources, such as NASA, INMET, EMBRAPA and IBGE, we demonstrate how GEE can be used to integrate, process, and make available essential spatial data for hydrological modeling and water resource management. Algorithms were developed in JavaScript language, which automate the extraction of variables such as NDVI, precipitation, evapotranspiration, moisture, and soil physical-hydraulic properties (clay, sand, density, field capacity, etc.). The data are obtained from collections of the platform and can be exported in GeoTIFF format via a user-friendly graphical interface. The study highlights the use of the RUBEM model, which simulates distributed hydrological processes in the soil, as an example of practical application of the data obtained. It is concluded that the use of GEE is effective in democratizing access to environmental data, ensuring reproducibility, supporting decision-making and contributing to the planning and management of river basins, especially in regions with scarce hydrometric data.

Keywords: Google Earth Engine; Data Mining; Spatial Analysis.

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de aplicações na plataforma Google Earth Engine (GEE) para a obtenção e análise de dados hidrológicos e de propriedades físico-hídricas do solo. Com base em diferentes fontes de dados, como NASA, INMET, EMBRAPA e IBGE, nós demonstramos como o GEE pode ser utilizado para integrar, processar, e disponibilizar dados espaciais essenciais para modelagem hidrológica e gestão de recursos hídricos. Foram desenvolvidos algoritmos em linguagem JavaScript, que automatizam a extração de variáveis como NDVI, precipitação, evapotranspiração, umidade, e propriedades físicos-hídricas do solo (argila, areia, densidade, capacidade de campo etc.). Os dados são obtidos a partir de coleções da plataforma e podem ser exportados em formato GeoTIFF via uma interface gráfica amigável. O estudo destaca o uso do modelo RUBEM, que simula processos hidrológicos distribuídos no solo, como exemplo de aplicação prática dos dados obtidos. Conclui-se que o uso do GEE é eficaz para democratizar o acesso a dados ambientais, garantir reprodutibilidade, apoiar a tomada de decisões e contribuir para o

1) Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba – Unesp, Av. Três de Março, 511, Sorocaba, SP – w.vichete@unesp.br, (15) 3238-3467

2) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa do politécnico, nº 380, Edifício Eng. Mário Covas Júnior – 1º andar, São Paulo, SP – lmosorio@usp.br

3) Laboratório de Sistemas de Suporte à Decisão, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Almeida Prado, 83, Travessa do Biênio, Edifício Paula Souza, Cidade Universitária, São Paulo, SP – dario@labsid.eng.br, (11) 3091-5549

4) Idem 3 – gabriel@labsid.eng.br

5) Idem 3 – rogerio@labsid.eng.br

6) Idem 2 – arisvaldo@usp.br

7) Idem 2 – joaosantana@usp.br

planejamento e gestão de bacias hidrográficas, especialmente em regiões com dados hidrométricos escassos.

Palavras-Chave – Google Earth Engine; Prospecção de Dados; Análise Espacial.

INTRODUÇÃO

Dados hidrológicos são essenciais para a tomada de decisões em recursos hídricos. Eles são úteis desde o planejamento até o gerenciamento de sistema, tais como para o abastecimento público, a geração de energia, o lançamento de efluentes e em seus múltiplos usos. Os dados hidrológicos ajudam a entender a variabilidade espacial e temporal da disponibilidade de água e apoiam os tomadores de decisão em questões de segurança hídrica.

Com o avanço da tecnologia da informação e os serviços de internet, muitas instituições facilitaram o acesso aos dados depositados nos Sistemas de Informações hidrometeorológicas, cada um com características e procedimentos de acessos específicos. As instituições, em geral, dispõem de repositórios digitais para armazenar e compartilhar os dados gerados. Alguns exemplos, tais como, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico dispõe do aplicativo HidroWeb para disponibilização de dados hidrológicos (Silva et al., 2013), o Instituto Nacional de Meteorologia dispõe de banco de dados meteorológicos (INMET, 2025), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária que dispõe de repositório de mapas de classes de solo e de diversas características físico-químicas (EMBRAPA, 2025), o Programa de Monitoramento Climático e Ambiental, da Comunidade Europeia, que dispõe de observações de satélite para o monitoramento dos efeitos das mudanças climáticas sobre os ecossistemas naturais (AIRBUS, 20205), a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, dos Estados Unidos da América do Norte, que dispõe de dados sensoramento remoto da superfície da Terra, entre eles, o de cobertura vegetal (NASA, 2025).

Segundo Tenopir et al. (2015), os cientistas precisam ter acesso aos dados e a falta de compartilhamento de dados pode ser um grande impedimento para o progresso da ciência. Por isso é fundamental avaliar, monitorar, educar e fornecer a infraestrutura necessária para dar suporte aos complexos desafios que o mundo enfrenta atualmente, que precisam ser resolvidos por meio de práticas de gerenciamento de dados eficazes, sustentáveis e de longo prazo.

A disponibilidade dos dados em repositórios e as permissões de acesso, são somente uma parte do problema. A outra parte diz respeito ao processo de obtenção de uma elevada quantidade de dados de diferentes formatos e tamanhos. Em situações em que são necessários dados espaciais, no formato de imagem, a situação é ainda mais problemática. Em geral, o usuário possui conhecimento computacional especializado, sendo desejável que a interface permite a obtenção de resultados de modo intuitivo e amigável. Conforme GEE (2025), os APPs do *Earth Engine* são interfaces de usuário dinâmicas e compartilháveis para análises, e permitem que especialistas possam utilizar elementos simples da interface para aproveitar o catálogo de dados e o poder analítico da plataforma.

Este artigo tem o objetivo de apresentar um conjunto de rotinas desenvolvidos na plataforma Google Earth Engine (GEE) para obtenção e tratamento de dados úteis para aplicação na modelagem hidrológica, tais como, dados meteorológicos, de chuva, de solo, índice de vegetação etc., que são

fundamentais para a gestão de sistemas de recursos hídricos, que precisam de informações baseadas nesses dados para a tomada de decisões.

METODOLOGIA E DADOS

A modelagem dos processos hidrológicos que ocorrem no solo é crucial para estimativa de parcelas de recarga dos aquíferos, água armazenada na camada radicular e evapotranspiração (Mélo Júnior et al. 2021). A modelagem computacional destes processos é utilizada para gestão dos recursos hídricos, especialmente para estimativa da disponibilidade hídrica, planejamento do uso do solo, gestão de recursos hidro energéticos e para áreas de irrigação (Olivos et al. 2024, Vichete et al. 2023). Entretanto, garantir a representação espacial em função da variabilidade dos solos nas bacias hidrográficas demanda a construção de dados de entrada (*datasets*) dos parâmetros dos solos, principalmente para estabelecer os parâmetros físico-hídricos. O modelo computacional RUBEM (Mélo Júnior et al. 2021) é um modelo hidrológico totalmente distribuído que simula os processos hidrológicos no solo para estimativa de vazões médias mensais. Este modelo possibilita a simulação dos processos de alteração do uso do solo no tempo e possibilita a inclusão de séries de chuvas dos modelos de projeção do clima do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC).

Neste artigo apresentamos os algoritmos desenvolvidos para obtenção de dados espaciais para construção de modelos hidrológicos distribuídos. Os algoritmos foram desenvolvidos em linguagem de programação JavaScript para ser utilizado na plataforma do Google Earth Engine (GEE). Os algoritmos estão disponíveis em Osório et al. 2025. As fontes dos dados utilizados podem ser encontradas no repositório do Google Earth Engine, sendo obtidas por meio de diferentes repositórios na forma de coleções (do inglês: *collections*). A Tabela 1 apresenta a relação entre as variáveis e suas respectivas fontes.

Tabela 1 - Fonte de dados das aplicações

Variável	Google Earth Engine Collection	Fonte
Modelo Digital de Elevação (MDE)	COPERNICUS/DEM/GLO30	Simard et al. 2024
	USGS/SRTMGL1_003	Orlandi, et al. 2019
Índice de vegetação normalizado (NDVI)	MODIS/061/MOD13Q1	Didan Kamel 2021
	MODIS/006/MOD13Q1	Didan Kamel 2015
	COPERNICUS/S2_SR	Ibrahim et al. 2023
Velocidade do Vento	ECMWF/ERA5_LAND/MONTHLY_BY_HOUR	Muñoz-Sabater et al. 2021
Umidade Relativa	NASA/FLDAS/NOAH01/C/GL/M/V001	McNally et al. 2017
Precipitação	UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY	Funk et al. 2015
	projects/ee-alexandre Xavier/assets/BR-DWGD	Xavier et al. 2022
Evapotranspiração Potencial	IDAHO_EPSCOR/TERRACLIMATE	Abatzoglou et al. 2018
Propriedades físico hídricas do Solo	Custom Assets (projects/rubem-workspace-462117/assets/soil)	HYBRAS – Ottoni et al. 2018 *

*Os dados do HYBRAS foram utilizados como base, sendo complementados com informações obtidas em análises pedológicas apresentadas em teses, dissertações e trabalhos técnicos.

A partir dos dados obtidos nas respectivas fontes indicadas na Tabela 1, foram realizadas operações padronizadas para que fossem obtidos os parâmetros por meio da plataforma do GEE. Para

obtenção dos parâmetros na plataforma, deve ser criada uma conta na plataforma GEE, delimitar a área de interesse e proceder com cada algoritmo para obtenção dos dados ambientais. O tutorial de utilização está disponível para consulta no repositório de acesso aos algoritmos disponibilizados (Osorio et al. 2025).

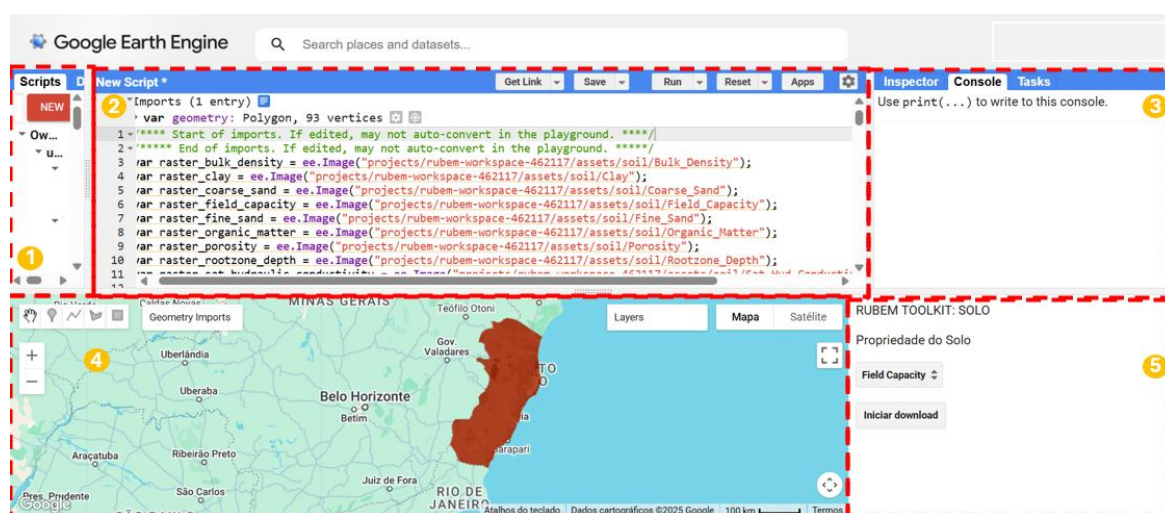
Dados do Solo

A geração do conjunto de dados sobre as características físico-hídricas dos solos teve como base inicial o mapa temático de pedologia do Brasil em formato vetorial (*shapefile*), na escala de 1:250.000 (IBGE, 2024). A partir desse mapa, foi realizado um trabalho detalhado de análise e classificação dos solos, respeitando os níveis categóricos originais de ordem e subordem. Foram excluídas as categorias definidas como “tipos de terreno” que não são classes de solos, tais como: afloramento rochoso, dunas etc., de acordo com a classificação da EMBRAPA (2018). As classes texturais adotadas foram registradas utilizando a notação simples e binária. Áreas onde a classe textural estava registrada como “indiscriminada”, foram definidas como classes texturais de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018). Para isso foram utilizados os arquivos matriciais (*raster*) dos teores de argila, silte e areia, na camada de 5-15 cm, de todo o Brasil, na resolução espacial de 90 m (Vasques et al., 2021), e os arquivos vetoriais (*shapefile*) dos Pontos de Amostragem do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil – PronaSolos (Botelho et al., 2020). As demais propriedades físico-hídricas dos solos (como densidade, capacidade de campo etc.) foram obtidas a partir de fontes especializadas, por meio de uma extensa revisão bibliográfica, integrando dados disponíveis em repositórios nacionais, como o HYBRAS, arquivos do PRONASOLOS, levantamentos da EMBRAPA e descrições dos solos presentes em trabalhos técnicos e acadêmicos.

Para obtenção dos dados, o usuário deve primeiramente definir uma geometria de interesse através do desenho de polígonos na interface do GEE ou importação de *assets* geoespaciais próprios. Subsequentemente, através da interface desenvolvida, seleciona-se a propriedade específica do solo desejada através de um menu que lista todas as variáveis disponíveis. O recorte espacial da imagem selecionada é realizado de forma automática para a área de interesse definida e disponibiliza a funcionalidade de exportação para *Google Drive* no formato GeoTIFF, com resolução espacial conforme cada fonte de dado. Este processo garante a obtenção de dados padronizados. As variáveis do solo disponíveis na aplicação desenvolvida são: propriedade do solo, densidade aparente, argila, areia grossa, capacidade de campo, areia fina, matéria orgânica, porosidade, profundidade da zona radicular, condutividade hidráulica saturada, conteúdo saturado, silte e ponto de murcha. Estes parâmetros são utilizados no modelo RUBEM (Méllo Júnior et al. 2021). A Figura 1 ilustra a aplicação desenvolvida no GEE para obtenção dos dados climáticos e do solo para construção de modelos hidrológicos distribuídos. A Região 1 identificada na Figura 1 é onde o usuário organiza os seus algoritmos e pode fazer suas alterações se houver necessidade. Já na Região 2 é onde fica o algoritmo desenvolvido conforme o repositório original. Cabe destacar que a geometria pode ser desenhada pelo usuário (Região 4), bem como pode ser importada a delimitação de áreas de interesse com formato de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em extensão *shape* (shp) como um *asset* (Região 1). Na importação de um arquivo *shape* como *asset* no GEE, deve-se observar que nesta situação, deve ser renomeado o “*asset*” como “*geometry*”. Na Região 3 é observado o campo para acompanhar as notificações durante o funcionamento do algoritmo e para executar a tarefa de exportação (*task*). Na Região 4 é onde se pode realizar o desenho manual da geometria da área de interesse para obtenção dos parâmetros e a visualização preliminar dos parâmetros. Já na Região 5 é onde se faz a seleção do parâmetro selecionado a ser exportado em GeoTIFF. Este procedimento é

similar para a obtenção dos demais parâmetros, sendo disponibilizado um algoritmo para obtenção do modelo de elevação do terreno (MDT), para o índice de vegetação normalizado (NDVI), para velocidade do vento, humidade relativa, precipitação, evapotranspiração potencial, e para os parâmetros físico-hídricos do solo.

Figura 1: Ilustração do algoritmo desenvolvido na plataforma GEE.



RESULTADOS

Os aplicativos foram desenvolvidos em linguagem *JavaScript*, utilizando a interface de programação do Google Earth Engine. Os códigos-fonte estão disponíveis publicamente em Osorio et al. 2025, permitindo acesso aberto, transparência no desenvolvimento e possibilidade de reutilização e adaptação por outros usuários e pesquisadores. Para ilustrar a aplicação desenvolvida, foi realizado a utilização do algoritmo para obtenção de dados físicos-hídricos do solo no estado do Espírito Santo, Brasil.

Para realizar o download dos dados de solo, o usuário deve inicialmente executar o algoritmo na plataforma Google Earth Engine, o que ativa a interface gráfica personalizada da aplicação (Figura 1). A partir do menu lateral disponibilizado, é possível selecionar a área de interesse e definir os parâmetros disponíveis desejados. Após o preenchimento das informações, o usuário deve clicar no botão “Iniciar download”, que acionará uma tarefa (*task*) de exportação na plataforma. Uma vez processada, a tarefa permitirá o salvamento do arquivo no Google Drive do usuário, no formato *raster* GeoTIFF.

A Figura 2 ilustra a seleção de dados do solo disponíveis na aplicação desenvolvida, e para demonstrar a utilização dos algoritmos, a Figura 3 apresenta os resultados para seis propriedades do solo no estado do Espírito Santo. Todos os algoritmos desenvolvidos neste trabalho têm abrangência em todo o território brasileiro.

Figura 2 - Exemplo de utilização do algoritmo na escolha do parâmetro do solo a) menu lateral para seleção do parâmetro do solo; b) propriedades disponíveis.

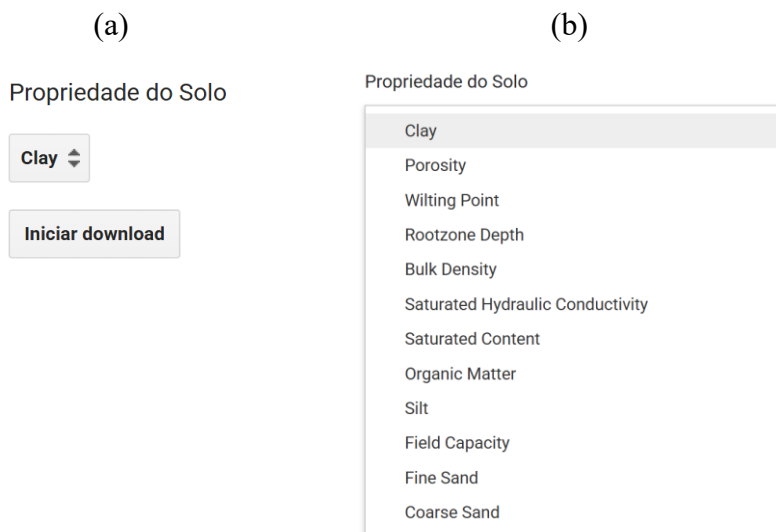
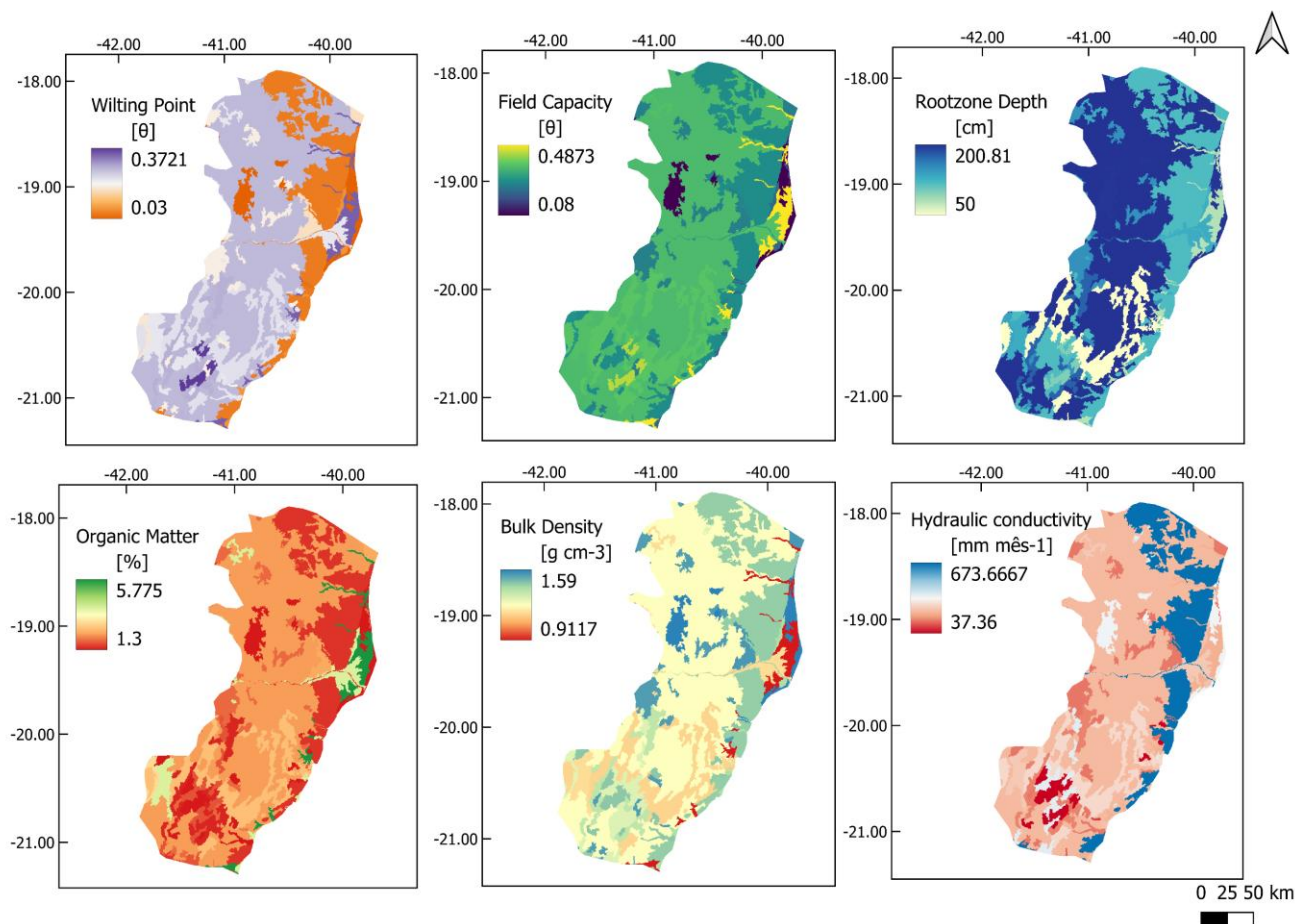


Figura 3 - Parâmetros físico-hídricos do solo no estado do Espírito Santo obtido pelo algoritmo desenvolvido.



CONCLUSÕES

Os algoritmos desenvolvidos na plataforma do *Google Earth Engine* (GEE) simplificam o processo de aquisição e construção de dados ambientais para utilização em modelos hidrológicos distribuídos como o RUBEM. Devido as questões da escala hidrológica de cada processo de ciclo da água na atmosfera e no solo, as múltiplas resoluções de cada fonte de informação é uma incerteza, sendo esta limitação um ponto de atenção no desenvolvimento de modelos hidrológicos. Entretanto, a utilização do GEE tem se mostrado uma ferramenta crucial para o desenvolvimento de aplicações voltadas à obtenção e análise de dados ambientais. Sua capacidade de integrar e processar um elevado volume de dados geoespaciais, aliada à facilidade de acesso a diversas bases globais, torna a plataforma especialmente útil para estudos hidrológicos e de caracterização do solo em bacias hidrográficas com e sem monitoramento hidrométrico.

Este trabalho apresentou as aplicações desenvolvidas no GEE que permitem automatizar a obtenção de informações relevantes, como variáveis hidrológicas e propriedades físico-hídricas do solo, com resolução espacial e temporal adequada para a sua utilização em trabalhos que necessitam destes dados de entrada. Além disso, estas aplicações favorecem a reprodutibilidade e a transparência dos métodos, facilitando a disseminação do conhecimento e a colaboração entre pesquisadores e gestores ambientais. Foi demonstrado, também, como é possível acessar, processar e visualizar dados de propriedades do solo de forma ágil e intuitiva, que pode ser utilizada como alternativa para construção de dados de entrada para modelos hidrológicos em bacias que podem ter falhas no monitoramento hidrométrico. Além disso, os dados disponíveis por meio das rotinas elaboradas contribuem para a tomada de decisão em estudos ambientais e no planejamento do uso do solo em escala regional.

REFERÊNCIAS

- ABATZOGLOU, J. T., DOBROWSKI, S. Z., PARKS, S. A., & HEGEWISCH, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Scientific data*, 5(1), 1-12. doi.org/10.7923/G43J3B0R
- AIRBUS. (2025). *Climate missions*. Disponível em <<https://www.airbus.com/en/products-services/space/earth-observation/climate-missions>>. Acesso em 1 mai. 2025.
- BOTELHO, F. P.; MARCOLINO, A.; DART, R. DE O. et al. (2020). *Pontos de amostragem PronaSolos – 2020 [CNPS]. Arquivos vetoriais*. Disponível em: <https://geoinfo.dados.embrapa.br/datasets/geoinfo_data:geonode:perfis_pronasolos_2020/metadata_detail>. Acesso em 2 mar. 2024.
- DE, B. (2023). *API Management: An Architect's Guide to Developing and Managing APIs for Your Organization*. Ed. Apress, Bangalore, India, 434 p.
- DIDAN, K. (2021). MODIS/Terra vegetation indices 16-day L3 global 250m SIN grid V061. *NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (DAAC) data set*, MOD13Q1-061. . doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.061
- DIDAN, K. (2015). MOD13A2 MODIS/terra vegetation indices 16-day L3 global 1km SIN grid V006. doi.org/10.5067/modis/mod13a2.006

EMBRAPA. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília, Embrapa Solos, 356 p.

EMBRAPA. (2025). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Geoinfo*. Disponível em <<https://geoinfo.dados.embrapa.br/>>. Acesso em 1 mai. 2025.

FARR, T. G., ROSEN, P. A., CARO, E., CRIPPEN, R., DUREN, R., HENSLEY, S., ... & ALSDORF, D. (2007). The shuttle radar topography mission. *Reviews of geophysics*, 45(2). doi.org/10.1029/2005RG000183

FUNK, C., PETERSON, P., LANDSFELD, M., PEDREROS, D., VERDIN, J., SHUKLA, S., ... & MICHAELSEN, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific data*, 2(1), 1-21. doi.org/10.1038/sdata.2015.66

GEE. Google Earth Engine. (2025). APPs do Earth Engine. Disponível em <<https://developers.google.com/earth-engine/guides/apps?hl=pt-br&authuser=1#publishing-your-app>>. Acesso em 5 jul. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). *Mapa temático de Pedologia. Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA) – Mapeamento de Recurso Naturais (MRN) – Pedologia – Escala 1:250.000. Rio de Janeiro*. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia.html>>. Acesso em 2 mar. 2024.

IBRAHIM, M., UMAR, Y., ADEYEMI, W., ZULKIFLU, U., GUGA, A. S., & UMAR, S. D. (2023). Application of Google Earth Engine and JavaScript API to Mapping Vegetation and Land Use Types in Nasarawa LGA. *Global Journal of the Built Environment (GJBE)*, 5(1), 32-45.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2025). *Banco de dados meteorológicos*. Disponível em <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em 1 jun. 2025.

MCNALLY, A., ARSENAULT, K., KUMAR, S., SHUKLA, S., PETERSON, P., WANG, S., ... & VERDIN, J. P. (2017). A land data assimilation system for sub-Saharan Africa food and water security applications. *Scientific data*, 4(1), 1-19. doi.org/10.1038/sdata.2017.12

MUÑOZ-SABATER, J., DUTRA, E., AGUSTÍ-PANAREDA, A., ALBERGEL, C., ARDUINI, G., BALSAMO, G., ... & THÉPAUT, J. N. (2021). ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth system science data*, 13(9), 4349-4383. doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021

NASA. (2025). *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer MODIS: Vegetation Index Products (NDVI and EVI)*. Disponível em <<https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php>>. Acesso em 1 jun. 2025.

OTTONI, M.V.; T.B. OTTONI FILHO; M.G. SCHAAP; M.L.R.C. LOPES-ASSAD; O.C. ROTUNNO FILHO (2018). *Hydrophysical database for Brazilian soils (HYBRAS) and pedotransfer functions for water retention*. **Vadose Zone J.**, v. 17, n. 1.

OSORIO OLIVOS, L. M., MÉLLO JUNIOR, A. V., & SORAES, G. A. DOS S. (2023). An approach for water allocation with a couple surface and groundwater model. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 12(2), 209–223. <https://doi.org/10.1080/23249676.2023.2253151>

OSORIO, L.; SOARES, G.; HOSSODA, D.; VICHETE, W. (2025). LabSid-USP/rubem-data-toolkit: v1.0.0 (v1.0.0). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15624512>

SILVA, M.A.; SILVA, M. C. da; SANTOS, P.M.C. dos. et al. (2013). “Aplicativo para disponibilização de dados hidrológicos do SNIRH: Hidroweb 2” in Anais do XX Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, Nov. 2013, 1, pp. 1-8.

SIMARD, M., DENBINA, M., MARSHAK, C., & NEUMANN, M. (2024). A global evaluation of radar-derived digital elevation models: SRTM, NASADEM, and GLO-30. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 129(11), e2023JG007672. doi.org/10.1029/2023JG007672

TENOPIR, C., DALTON, E. D., ALLARD, S., FRAME, M., PJESIVAC, I., BIRCH, B., ... & DORSETT, K. (2015). Changes in data sharing and data reuse practices and perceptions among scientists worldwide. *PloS one*, 10(8), e0134826. doi.org/10.1371/journal.pone.0134826

VASQUES, G.M.; COELHO, M. R.; DART, R. O. et al. (2021). *Mapas de Argila, Silte e Areia do Solo para o Brasil em intervalos de profundidade de 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100 e 100-200 cm com resolução espacial de 90 m*. Relatório Técnico. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Brasil.

VICHETE, W. D., MÉLLO JÚNIOR, A. V., & SOARES, G. A. D. S. (2023). A water allocation model for multiple uses based on a proposed hydro-economic method. *Water*, 15(6), 1170. <https://doi.org/10.3390/w15061170>

XAVIER, A. C., SCANLON, B. R., KING, C. W., & ALVES, A. I. (2022). New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). *International Journal of Climatology*, 42(16), 8390– 8404. <https://doi.org/10.1002/joc.7731>