XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

BHOSED: UMA NOVA FERRAMENTA PARA UTILIZAÇÃO DE MODELO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

Pedro Luis Bernardi de Camargo [1] ; Fernando Mainardi Fan [2]

Abstract: Sustainable soil management, which is crucial to the UN Sustainable Development Goals, requires a thorough understanding of the hydro-sedimentological cycle. Hydro-sedimentological models are essential tools for simulating erosion, transport and deposition processes, identifying critical areas in river basins. However, the scarcity of sedimentometric data and the complexity of the models make their application difficult. To overcome these challenges, this paper presents BHOSED, a platform in Google Earth Engine and a plugin for QGIS, developed to optimize data acquisition and pre-processing for the MGB-SED hydro-sedimentological model. MGB-SED, derived from the MGB hydrological model, simulates sediment generation and transport in large basins. BHOSED centralizes the acquisition of data such as basins, precipitation, elevation models, terrain classes and soil data. The QGIS plugin, in turn, integrates hydrological and sediment pre-processing in a single workflow. This integration simplifies the use of MGB-SED, making modeling more accessible and efficient, facilitating rapid and straightforward sediment transport analyses. Preliminary testing has demonstrated the ease of use and fluidity of BHOSED, which will soon be publicly available.

Resumo: A gestão sustentável do solo, crucial para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, exige uma compreensão aprofundada do ciclo hidrossedimentológico. Modelos hidrossedimentológicos são ferramentas essenciais para simular processos de erosão, transporte e deposição, identificando áreas críticas em bacias hidrográficas. Contudo, a escassez de dados sedimentométricos e a complexidade dos modelos dificultam sua aplicação. Para superar esses desafios, o presente trabalho apresenta o BHOSED, uma plataforma no Google Earth Engine e um plugin para QGIS, desenvolvidos para otimizar a obtenção e o pré-processamento de dados para o modelo hidrossedimentológico MGB-SED. O MGB-SED, derivado do modelo hidrológico MGB, simula a geração e transporte de sedimentos em grandes bacias. O BHOSED centraliza a obtenção de dados como bacias, precipitação, modelos de elevação, classes do terreno e dados de solo. O plugin do QGIS, por sua vez, integra os pré-processamentos hidrológico e de sedimentos em um único fluxo de trabalho. Essa integração simplifica o uso do MGB-SED, tornando a modelagem mais acessível e eficiente, facilitando análises rápidas e diretas do transporte de sedimentos. Testes preliminares demonstraram a facilidade de uso e a fluidez do BHOSED, que em breve estará disponível publicamente.

Palavras-Chave – Hidrossedimentologia, MGB-SED, Google Earth Engine.

1) Instituto de Pesquisas Hidráulica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS: pedroluisbernardidecamargo@gmail.com
2) Instituto de Pesquisas Hidráulica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS: fernando.fan@ufrgs.br

INTRODUÇÃO

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela ONU em 2015 trazem um conjunto de 169 metas globais agrupadas em 17 objetivos gerais, destes 11 estão intrinsecamente ligados à ciência de solos, segundo Lal *et al.*, (2021). A partir dessa visão de grande relação da ciência dos solos, manejo sustentável e metas globais, se mostra como necessário o melhor entendimento dos processos, análises in situ e estudos de grande porte do ciclo hidrossedimentológico e os solos. O ciclo hidrossedimentológico é definido pelos processos de erosão, transporte e deposição, estes ocorrem naturalmente, porém Borrelli et al., (2017) apontam que a atividade humana e alterações no uso dos solos são a principal causa de aceleração da erosão. Fagundes (2018) e Dethier et al., (2022) apresentam ainda os efeitos das ações antrópicas alterando o ciclo hidrossedimentológico em bacias da América do Sul e do mundo, onde rios com barramentos diminuíram significativamente as concentrações de sedimentos em suspensão em seu percurso.

Uma das formas de estudo do ciclo hidrossedimentológico é a utilização de modelos hidrossedimentológicos. Estes modelos simulam, por meio de equações matemáticas e conceitos científicos, todo o processo de erosão, transporte e deposição, sendo possível assim a identificação de áreas com maior erosão ou deposição de sedimentos ao longo de bacia hidrográficas.

Para a utilização deste tipo de modelos são necessários diversos conjunto de dados, porém, pincipalmente, dados sedimentométricos são escassos e envolvem muitas incertezas, tal como citado em Morris e Fan (1998). Autores mais recentes como Best et al., (2018) considera surpreendente que, em uma era de Big Data e Big Science, ainda há tão poucos dados sobre o fluxo de sedimentos, em grandes rios do mundo. Para vencer este problema da falta de dados, diversas técnicas de sensoriamento remoto foram desenvolvidas para a estimativa de sedimentos em suspensão, destacando aqui a inferência de concentração de sedimentos em suspensão (CSS) a partir da refletância espectral realizada por Fagundes (2018).

Dessa forma nota-se que as dificuldades para uso de modelos hidrossedimentológicos se concentram em diversas frentes, como: necessidade de grande conjunto de dados, complexidade dos modelos e dados com muitas falhas e incertezas. Algumas destas dificuldades podem ser evitadas por meio de um conjunto de plataforma de agregação de dados e ferramenta de pré-processamento, tal como ocorre com o modelo hidrológico MGB (Collischonn, 2007), que possui uma plataforma e plugin denominados BHO2MGB (Barbedo, et al., 2022), onde os dados necessários para uso do modelo hidrológico são agrupados e disponibilizados para uso, junto do plugin de mesmo nome que faz o pré-processamento destes dados e os disponibiliza com discretização das Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (BHO), sistema padrão utilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Assim, o objetivo desse trabalho é apresentar uma nova ferramenta para obtenção e pré-processamento de dados para uso do modelo hidrossedimentológico MGB-SED.

MGB-SED

Para apresentar o modelo de sedimentos é interessante apresentar previamente o modelo hidrológico do qual ele é derivado e a evolução de ambos ao longo do tempo.

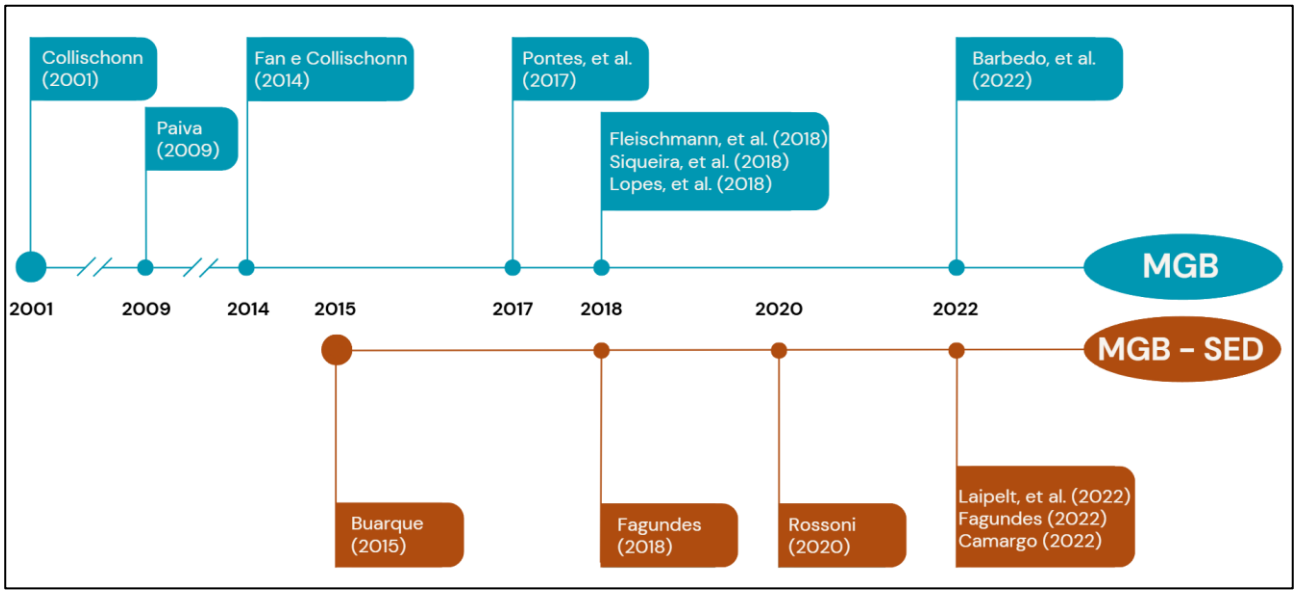
O modelo hidrológico-hidrodinâmico MGB foi inicialmente desenvolvido e apresentado em Collischonn (2001), é um modelo do tipo conceitual, distribuído, com aplicações em grandes bacias, passo de tempo diário ou horário. O modelo simula os processos hidrológicos os dividindo em quatro módulos: balanço hídrico no solo; balanço de energia e evapotranspiração; interceptação, geração e propagação de escoamentos superficial, subsuperficial e subterrâneo nos elementos de discretização da bacia hidrográfica; e propagação de vazão na rede de drenagem.

O modelo segue sendo validado e aprimorado ao longo do tempo, com maior destaque para os trabalhos de Paiva (2009) onde foi desenvolvido o método simplificado de modelagem hidrodinâmica, Fan & Collischonn (2014) onde o modelo recebeu uma integração com um ambiente SIG, Pontes et al., (2015) onde foi desenvolvido o método inercial para propagação do modelo; Fan et al., (2015) desenvolveu o mapa de Unidades de Resposta Hidrológica (URH) para a América do Sul (AS); Fleischmann et al., (2018); Siqueira et al., (2018) desenvolveu o MGB-AS, modelo hidrológico continental de toda AS; Brêda et al., (2020) utilizou este modelo utilizando projeções de mudanças climáticas e seus efeitos na hidrografia da AS; Barbedo et al., (2022) apresentou o BHO2MGB, uma plataforma para facilitação da obtenção de dados e pré-processamento do modelo hidrológico-hidrodinâmico.

Por sua vez, o modelo de sedimentos MGB-SED (Buarque, 2015) é um módulo de sedimentos do MGB, onde é estimada a geração de sedimentos na bacia e simulado do transporte de sedimentos em rios de forma integrada à simulação hidrológica e hidrodinâmica em grandes bacias. O modelo funciona com três módulos principais, sendo eles o módulo bacia, onde é estimada a geração de sedimentos com a equação de MUSLE (Williams, 1975), esse sedimento chega à rede de drenagem, onde passa para o módulo rio, que faz a propagação desse sedimento e, por fim o módulo planície, que estima a deposição dos sedimentos nas planícies de inundação.

Após apresentado o modelo foi validado e aprimorado. Os casos de destaque são Fagundes (2018) onde foram usados dados de sensoriamento remoto para calibração do modelo hidrossedimentológico; Rossoni que utilizou a plataforma Google Earth Engine para facilitar a obtenção de dados de sensoriamento remoto, para a calibração do modelo em nível estadual; Laipelt et al. (2022), onde foi apresentada a integração do modelo de sedimentos a um SIG; Camargo (2022) que aprimorou o modelo para definição de gatilhos para aumento da produção de sedimentos por movimentos de massa, com teste para bacia do rio dos Sinos e Fagundes (2022) que desenvolveu o modelo hidrossedimentológico para a AS. A figura 1 apresenta a evolução destes modelos ao longo dos anos.

Figura 1 - evolução dos modelos MGB e MGB-SED



Para a realização de suas simulações, o MGB-SED é acoplado ao MGB, pois alguns de seus dados de saída são utilizados na simulação de sedimentos. Atualmente são necessários um conjunto

de passos para utilização destes modelos, sendo eles: pré-processamento do modelo hidrológico, modelagem hidrológica, pré-processamento do modelo de sedimentos e, por fim, a simulação hidrossedimentológica. Esse padrão atual de processamento requer um conjunto de download de dados para cada etapa, e utilização de ao menos três plugins desenvolvidos para o software de SIG, QGIS o:

1- IPH-Hydrotools ou BHO2MGB, plugin de pré-processamento;

2- MGB, plugin do modelo hidrológico-hidrodinâmico;

3- MGB-SED, plugin de pré-processamento e modelagem de sedimentos.

O pré-processamento para a modelagem hidrológica e de sedimentos é a etapa onde se é despendido mais tempo, na ausência de ferramentas como o BHO2MGB, devido a necessidade de obtenção manual de um conjunto grande de dados e na definição de características morfométricas das bacias.

BHOSED

O BHOSED surge como uma adaptação e expansão do BHO2MGB com o objetivo central de agilizar e unificar esta etapa. Sua função é centralizar e padronizar tanto os dados necessários para a modelagem hidrológica quanto para a de sedimentos, garantindo que o delineamento das minibacias siga o sistema de BHO. Ao agrupar todos os pré-processamentos em um único ambiente, o BHOSED espera tornar a modelagem de sedimentos mais acessível, promovendo aplicações mais rápidas e eficientes devido à redução significativa do tempo gasto nas preparações iniciais.

O BHOSED é divido em duas ferramentas complementares: a plataforma de agregação de dados e o plugin para QGIS. A plataforma BHOSED foi desenvolvida no Google Earth Engine utilizado programação em Javascript e pode ser acessada em https://bhosed.users.earthengine.app/view/bhosedtoolkit, nela são obtidos todos os dados necessários para o pré-processamento hidrológico e de sedimentos:

1 - A primeira etapa é a seleção de discretização das BHOs e o exutório da minibacia;

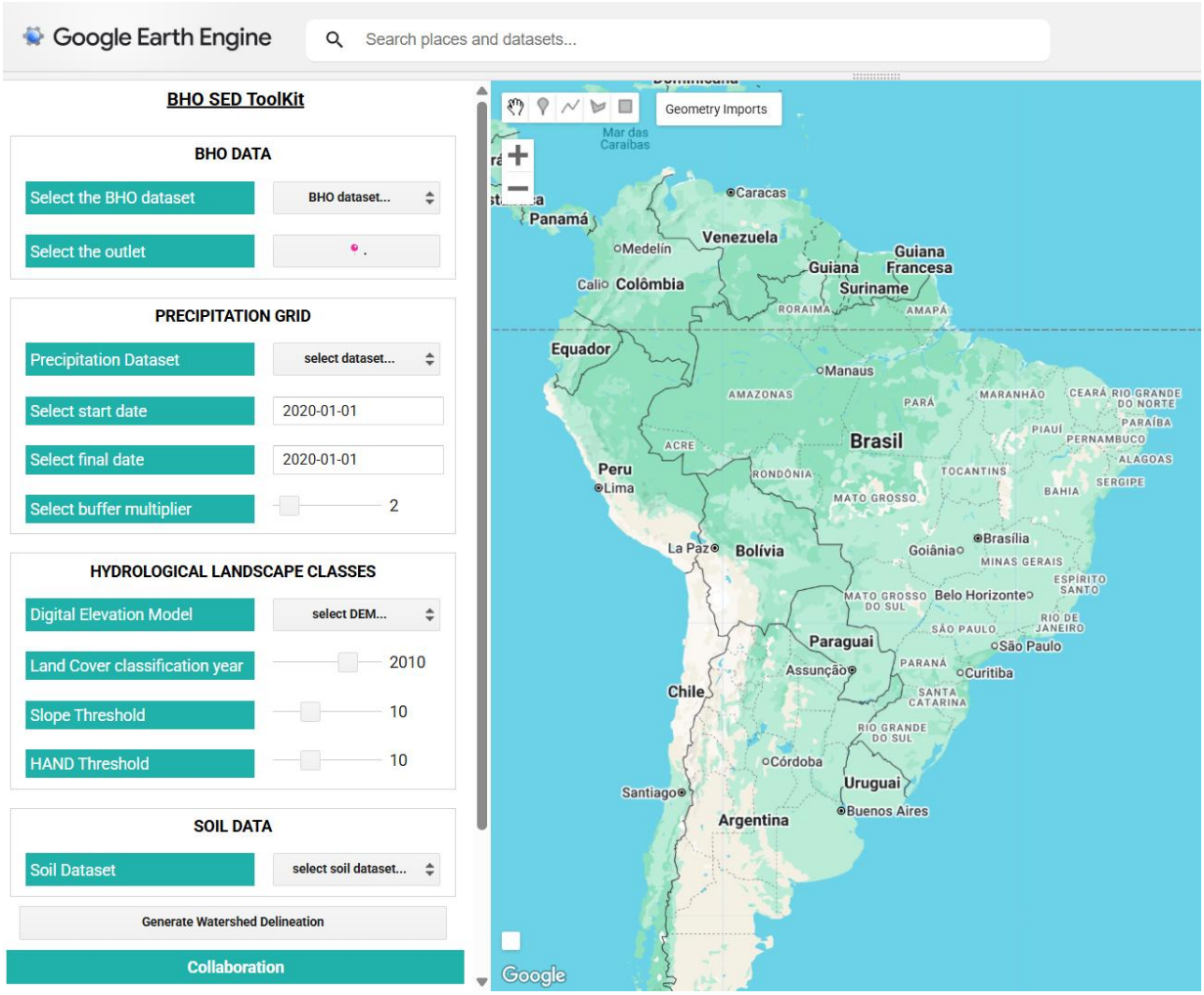
2 - Na segunda é possível obter um grid de precipitações a partir de dados de satélite;

3 – A terceira etapa é definido o modelo digital de elevação (MDE) que será utilizado além das Hidrological Landscape Classes (HLCs);

4 – A quarta e última etapa de definição de dados de solos, sendo escolhidos entre o Soil Grid Data (Poggio L, et al., 2020) onde são obtidas concentrações de areia, argila, meteria orgânica e silte em um metro de profundidade de solo, ou dados da EMBRAPA (Vasques, G.M. et al., 2021) que seguem o mesmo padrão de profundidade, porém o dado é apenas em nível nacional, dessa forma em caso de uso de dados em bacias que possuem trechos internacionais, o uso deve se restringir aos dados do Soil Grid Data.

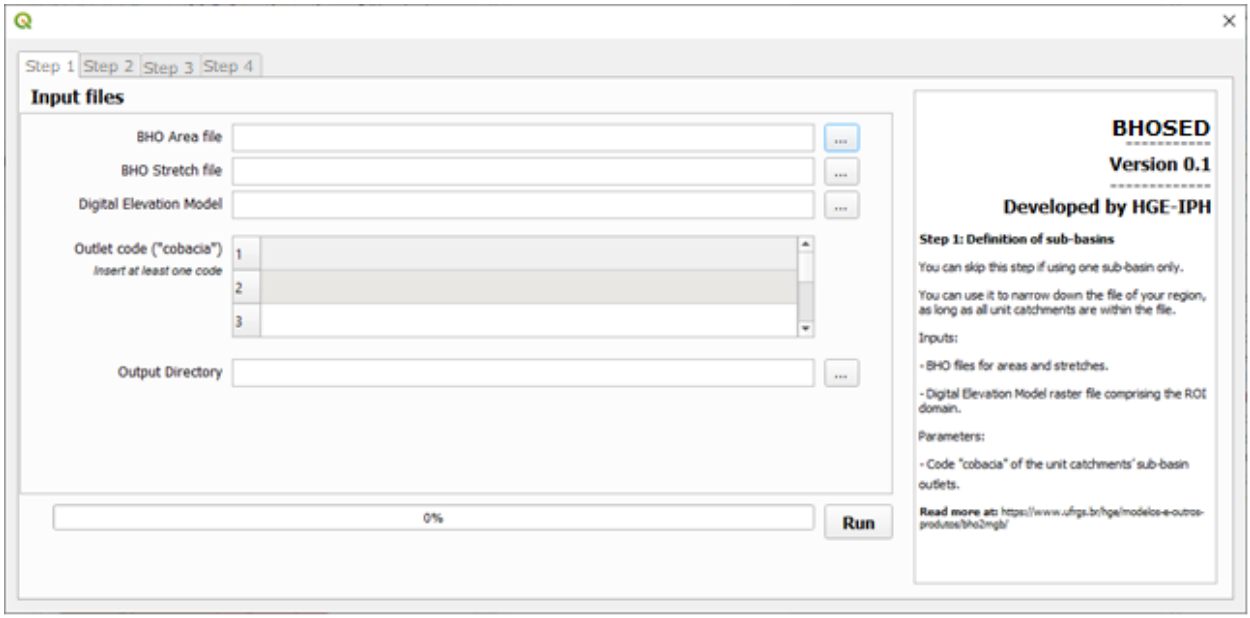
A figura 2 apresenta o layout da plataforma, seguindo o padrão do BHO2MGB. A imagem reflete a situação atual dela, porém alterações podem ser feitas para adicionar dados, ou alteração de cores para diferenciação com a versão apenas hidrológica.

Figura 2 - Layout da plataforma BHOSED no GEE.



Após o download de dados a etapa seguinte é a utilização da versão em plugin do BHOSED, nesta etapa é realizado o pré-processamento hidrológico e hidrossedimentológico, sendo necessária a utilização do QGIS, o layout do plugin segue abaixo, onde os três primeiros passos são o pré-processamento hidrológico enquanto o quarto é o pré-processamento do modelo de sedimentos, a figura 3 apresenta o layout atual do plugin, que pode ser atualizado em versões posteriores.

Figura 3 - Layout do plugin BHOSED no QGIS.



CONCLUSÕES

O uso do modelo hidrossedimentológico, MGB-SED, para simulação do transporte de sedimento a partir da plataforma BHOSED se tornou mais simplificado, tornando a aplicação mais simples e direto. Possibilitando, dessa forma, a realização de análises simplificadas do transporte de sedimentos em e deposição de sedimentos em corpos hídricos.

Os testes preliminares da plataforma e plugin, demonstram a facilidade de utilização e fluidez no pré-processamento, porém pequenos erros ainda ocorrem na obtenção e pré-processamento dos dados. Após a correção, plataforma e plugin estarão disponíveis no site do grupo de pesquisas HGE na aba de produtos https://www.ufrgs.br/hge/modelos-e-outros-produtos/ e compatíveis com a nova versão do MGB-SED, ainda a ser disponibilizada.

REFERÊNCIAS

BARBEDO, R. *et al.* **Manual de aplicação BHO2MGB**. [*S. l.: s. n.*], 2022.

BORRELLI, P. *et al.* An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature Communications**, [*s. l.*], v. 8, n. 1, p. 2013, 2017.

BRÊDA, J. P. L. F. *et al.* Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. **Climatic Change**, [*s. l.*], v. 159, n. 4, p. 503–522, 2020.

BUARQUE, D. C. Simulação da geração e do transporte de sedimentos em grandes bacias : estudo de caso do Rio Madeira. [*s. l.*], 2015.

CAMARGO, P. L. B. de. Implementação de gatilhos para simulação da produção de sedimentos por movimentos de massa no MGB-SED. [*s. l.*], 2022.

COLLISCHONN, W. Simulação Hidrológica de grandes bacias. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [*s. l.*], v. 6, n. 1, p. 95–118, 2001.

COLLISCHONN, W. *et al.* The MGB-IPH model for large-scale rainfall—runoff modelling. **Hydrological Sciences Journal**, [*s. l.*], v. 52, n. 5, p. 878–895, 2007.

FAGUNDES, H. de O. Modelagem hidrossedimentológica de grandes bacias com o apoio de dados in situ e sensoriamento remoto. [*s. l.*], 2018.

FAGUNDES, H. D. O. Simulação dos fluxos de sedimentos na América do Sul. [*s. l.*], 2022.

FAN, F. *et al.* **UM MAPA DE UNIDADES DE RESPOSTA HIDROLÓGICA PARA A AMÉRICA DO SUL**. [*S. l.: s. n.*], 2015.

FAN, F.; COLLISCHONN, W. Integração do Modelo MGB-IPH com Sistema de Informação Geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [*s. l.*], v. 19, n. 1, p. 243–254, 2014.

FLEISCHMANN, A. *et al.* Modelling hydrologic and hydrodynamic processes in basins with large semi-arid wetlands. **Journal of Hydrology**, [*s. l.*], v. 561, p. 943–959, 2018.

LAIPELT, L. *et al.* Integração do modelo MGB-SED com a plataforma QGIS. [*s. l.*], 2022.

LAL, R. *et al.* Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. **Geoderma Regional**, [*s. l.*], v. 25, p. e00398, 2021.

MORRIS, G. L.; FAN, J. **Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use**. [*S. l.*]: McGraw Hill Professional, 1998.

PAIVA, R. C. D. de. **Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias. Estudo de caso: bacia do rio Solimões**. 2009. - Univrsidade Federal do Rio Grande do Sul, [*s. l.*], 2009. PONTES, P. R. M. *et al.* Modelagem hidrológica e hidráulica de grande escala com propagação inercial de vazões. [*s. l.*], 2015.

ROSSONI, R. B.; FAN, F. M.; LAIPELT, L. Aplicação do Google Earth Engine (GEE) para a obtenção de dados de calibração de modelos hidrossedimentológicos de grande escala. [*s. l.*], 2020.

SIQUEIRA, V. A. *et al.* Toward continental hydrologic–hydrodynamic modeling in South America. **Hydrology and Earth System Sciences**, [*s. l.*], v. 22, n. 9, p. 4815–4842, 2018.

WILLIAMS, J. R. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In.: **Proceedings of the Sediment-Yield Workshop**, USDA Sedimentation Laboratory, Oxford, Mississippi. 1975.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Prediction Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: A Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation. **Agricultural Handbook**, [*s. l.*], v. 282, p. 47, 1965.