



Analise das Areas de Sedimentacao Durante Eventos de Cheias e Inundacoes na Bacia Hidrografica de Inhanombe: Caso de Estudo do Distrito de Maxixe Provincia de Inhambane

Analysis of Sedimentation Areas during Flood and Inundation Events in the Inhanombe River Basin

Article Record

Dr. Ema Liria Crimildo*

*Corresponding Author



Luís Joaquim Maloa§

Lateiro Salvador de Sousa§

§ Instituto Superior Politécnico de Gaza, Chokwé, Mozambique (OA)

RECEIVED

2026-04-17

ACCEPTED

2026-04-27

ONLINE PUBLISHED

2026-05-30

PUBLISHED

2026-07-28

PEER REVIEW

Double Blind

Abstract

Sedimentation in river basins is a crucial process that impacts water quality, river morphology and natural resource management, especially during flooding events. This review article addresses the analysis of sedimentation areas in the Inhanombe River Basin, located in southern Mozambique, highlighting the application of the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) and SDR (Sediment Delivery Ratio) models. The physiographic, hydrological and land use and cover aspects that influence hydrosedimentological processes in the basin are discussed. The SWAT model is presented as an effective tool to simulate sediment production and transport, while the SDR model is used to estimate the fraction of sediment that actually reaches water bodies. The article highlights the challenges related to model exclusion, the spatial variability of data and the complexity of environmental processes, addressing the integration of high-resolution data, remote sensing and continuous monitoring as strategies to improve the accuracy of simulations. The combination of SWAT and SDR models provides an integrated approach to identify critical sedimentation areas, contributing to the planning and sustainable management of water resources in the region.

Morphology

sediment transport

Sustainable management

Water resources

AI USE STATEMENT

No generative AI was used for analysis or results.

FUNDING

No external funding was declared for this work.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

DATA AVAILABILITY

Not applicable for this article.

ETHICS

No ethics committee approval was required for this article type.

CONSENT

Not applicable for this article.

TRIAL REG.

Not applicable.

Crossref DOI: 10.34257/GJHSSB256291

How to Cite: Crimildo et al. (2026). Analise das Areas de Sedimentacao Durante Eventos de Cheias e Inundacoes na Bacia Hidrografica de Inhanombe: Caso de Estudo do Distrito de Maxixe Provincia de Inhambane. Global Journal of Human-Social Science, 26(1), 59-62. DOI: 10.34257/GJHSSB256291

LICENSE

© 2026 Global Journals. Open-access article under CC BY-NC-ND 4.0 International License.

AR Experience Web Page



DOI



Print ISSN 0975-587X



Online ISSN 2249-460X



Under the strict compliance and defined process of



METADATA CONTINUATION

AUTHOR CONTACT QR LEDGER

Dr. Ema Líría Crimildo*



ARCHIVAL RECORD

Analise das Areas de Sedimentacao Durante Eventos de Cheias e Inundacoes na Bacia Hidrografica de Inhanombe: Caso de Estudo do Distrito de Maxixe Provincia de Inhambane

Dr. Ema Líría Crimildo^{§*}, Luís Joaquim Maloa[§], and Lateiro Salvador de Sousa[§]

Affiliations

§ Instituto Superior Politécnico de Gaza, Chokwé, Mozambique (OA)

Abstract

Sedimentation in river basins is a crucial process that impacts water quality, river morphology, and natural resource management, especially during flood events. This article holistically analyzes the sedimented areas in the Inhanombe River Basin, located in southern Mozambique, highlighting the application of the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) and SDR (Sediment Delivery Ratio) models. Physiographic, hydrological, and land use/land cover aspects influencing hydrosedimentological processes in the basin are discussed. The SWAT model is presented as an effective tool for simulating sediment production and transport, while the SDR model is used to estimate the fraction of sediments that effectively reach water bodies. The article highlights the challenges related to model calibration, spatial variability of data, and the complexity of environmental processes, suggesting the integration of high-resolution data, remote sensing, and continuous monitoring as strategies to improve the accuracy of the simulations. The combination of SWAT and SDR models provides an integrated approach to identifying critical sedimentation areas, contributing to the planning and sustainable management of water resources in the region.

Keywords: *Sustainable management, Water resources, Morphology, Sediment transport*

* Corresponding Author

Dr. Ema Líría Crimildo

DOI

10.34257/GJHSSB256291

1. Introdução

A análise da sedimentação em bacias hidrográficas é um componente fundamental para o entendimento dos processos ambientais que afectam a dinâmica dos corpos de água e o equilíbrio dos ecossistemas associados. O transporte e a deposição de sedimentos influenciam directamente a qualidade da água, a morfologia dos rios e a capacidade de armazenamento de reservatórios, além de impactar nas actividades humanas como a agricultura, a urbanização e o manejo dos recursos hídricos (Brandão, 2024). Entender esses processos é fundamental para ações planejadas que garantam a sustentabilidade ambiental e o uso eficiente dos recursos naturais.

A sedimentação está intimamente ligada às características morfológicas da bacia e ao uso do solo (Silva, 2014). Em áreas montanhosas, o relevo acentua a erosão e aumenta o transporte de sedimentos durante eventos de cheias, enquanto em regiões urbanas, as mudanças no uso do solo modificam a geomorfologia e os padrões de sedimentação, afetando os canais fluviais (Betocco et al., 2023). A composição química dos sedimentos também serve como indicador de qualidade ambiental, auxiliando no monitoramento dos impactos antrópicos.

Deste modo a Bacia Hidrográfica do Rio Inhanombe, em Moçambique, enfrenta uma pressão crescente nos recursos hídricos devido ao aumento populacional e à expansão da agricultura irrigada. Um estudo de Notisso e Formiga (2020) mostrou que, em cenários futuros de médio e alto crescimento até 2040, a bacia terá dificuldades para garantir o abastecimento de água, com falhas frequentes especial-

mente em períodos críticos. Isso destaca a necessidade de análises planejadas dos processos hidrológicos e sedimentológicos para apoiar a gestão sustentável e a mitigação dos impactos ambientais causados por eventos extremos, como cheias e inundações.

2. Caracterização da Bacia Hidrográfica de Inhanombe

Este estudo tem como objectivo a análise das áreas de sedimentação durante eventos de cheias e inundações na Bacia Hidrográfica de Inhanombe, utilizando os modelos SWAT (Soil and Water Assessment Tool) e SDR (Sediment Delivery Ratio).

A bacia do rio Inhanombe situa-se na província de Inhambane no sul de Moçambique. Tem uma área de 1.284 km², com cerca de 66 km de comprimento do rio principal, desaguando na baía de Inhambane (Notisso & Formiga, 2020). A precipitação média anual é de 850 mm, variando de 600 a 1100 mm, do interior para litoral.

O período chuvoso vai de novembro a março, apresentando uma crista¹ em janeiro e fevereiro. A maior demanda de água na bacia é a irrigação agrícola com cerca de 9,4 hm³/ano representando cerca de 80,3% da demanda total, seguida de abastecimento doméstico com 2,0 hm³/ano para a cidade de Maxixe e 194,7 m³/ano para o distrito de Homoine correspondentes a 17,1 e 0,9%, respectivamente, os restantes 1,8% correspondem a indústria e pecuária (Notisso & Formiga, 2020).

¹ Nesses meses ocorre o maior volume ou a maior frequência de precipitações dentro do período chuvoso.

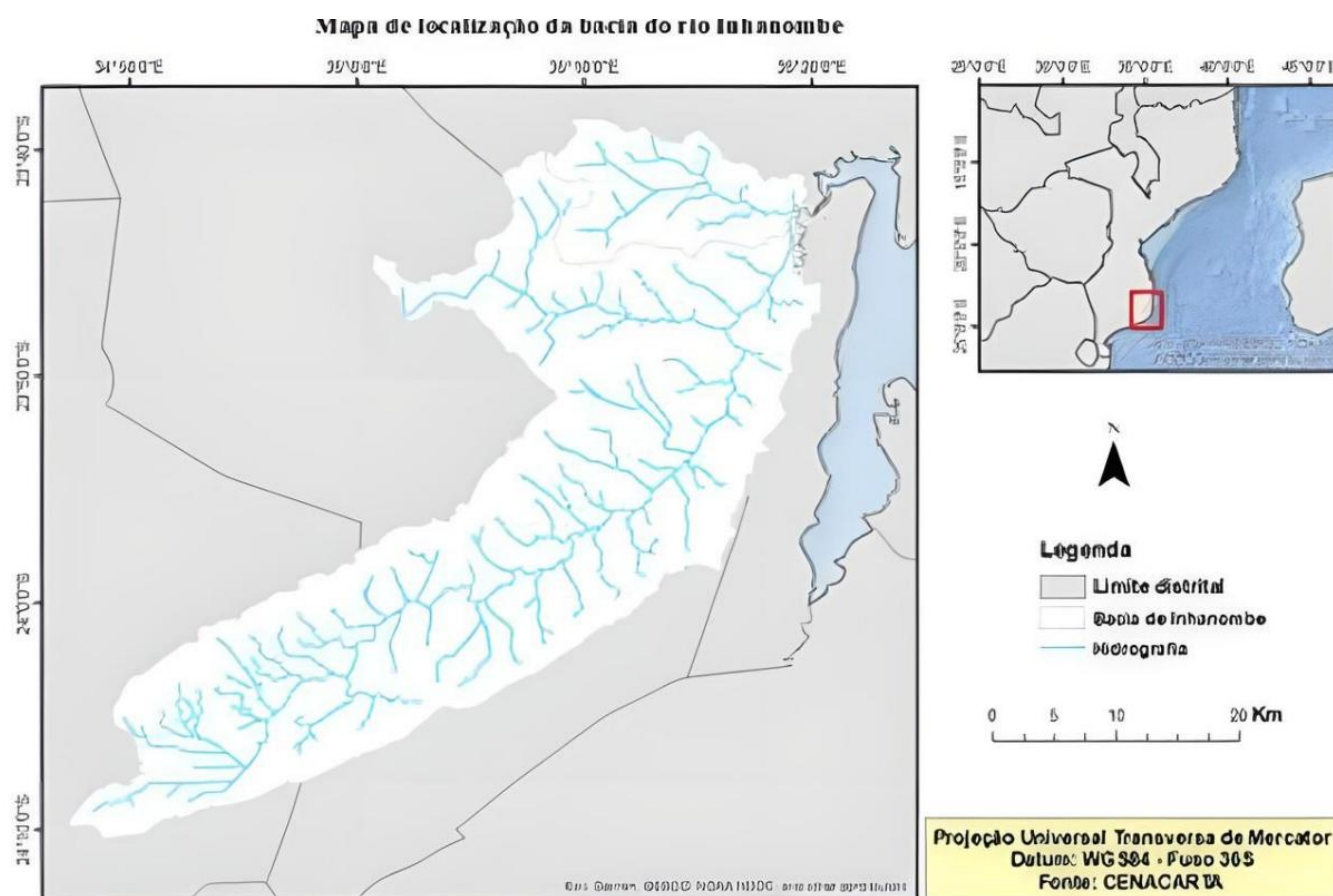


Figure 1. Mapa de Localização da Bacia do Rio Inhanombe

A demanda total estimada de água superficial em 2009 foi de 11,7 hm³/ano, mas prevê-se que aumente para 30,0 hm³/ano em 2035. A população abastecida na bacia cresceu de menos de 37.000 em 1997 para cerca 85.097 em 2017. A demanda de água para irrigação é de 17.181 m³/ha/ano. A bacia tem uma área potencial para agricultura de 1.344 ha, destes apenas 555 ha² são utilizados actualmente (Notisso & Formiga, 2020). O parque industrial é quase inexistente e não se espera um crescimento considerável.

A Bacia Hidrográfica de Inhanombe apesar de pequena, tem uso intenso da sua água sendo de destacar o abastecimento à cidade da Maxixe e à irrigação. O aumento da demanda de água para abastecimento doméstico e irrigação agrícola na bacia é cada vez mais preocupante numa altura de grandes incertezas de variáveis hidrológicas e climáticas na região de África Austral (Minella et al., 2007).

Não há registro de conflitos de uso de água na bacia, mas a necessidade de satisfazer a demanda cada vez maior para o desenvolvimento econômico e social na bacia pode originar conflitos no futuro devido à escassez de água.

Segundo Brandão et al. (2024) os conflitos surgem frequentemente quando diferentes usuários de água (incluindo o meio ambiente) competem por um suprimento limitado de água. A alocação de água deve considerar três princípios fundamentais: equidade, eficiência e sustentabilidade (Ghimire et al., 2024).

3. Revisão dos Modelos SWAT (Soil and Water Assessment Tool) e SDR (Sediment Delivery Ratio)

3.1. Modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool)

O Soil and Water Assessment Tool (SWAT) é um modelo hidrológico amplamente utilizado para simular o impacto das práticas de uso do solo, manejo da terra e mudanças climáticas nos recursos hídricos e de sedimentos em bacias hidrográficas (Silva & Medeiros, 2014). Desenvolvido pela Agência de Pesquisa Ambiental dos Estados Unidos (USDA-ARS), o SWAT permite a modelagem de processos hidrológicos, erosão do solo, transporte de sedimentos e nutrientes ao longo do tempo em extensas áreas de drenagem (Silva & Medeiros, 2014).

O funcionamento do SWAT baseia-se na subdivisão da bacia hidrográfica em subbacias e na separação das unidades de resposta hidrológica, que combinam diferentes tipos de uso do solo e cobertura vegetal. O modelo simula processos como a infiltração, escoamento superficial, evapotranspiração, percolação, transporte de sedimentos e nutrientes, considerando variáveis climáticas, características do solo e práticas de manejo (Santos et al., 2018). O SWAT opera em escala diária, permitindo análises detalhadas de eventos hidrológicos e sedimentológicos.

Entre as principais aplicações do SWAT destacam-se a previsão da qualidade e quantidade de água, análise da erosão do solo e sedimentação, avaliação de impactos ambientais, planejamento do uso sustentável do recurso hídrico e suporte à tomada de decisão em gestão ambiental (Marmontel et al., 2019). Além disso, o modelo

²Habitantes

é capaz de integrar diferentes cenários de uso do solo e mudanças climáticas, auxiliando na avaliação de estratégias de conservação.

As vantagens do SWAT incluem sua capacidade de lidar com grandes bacias hidrográficas, a integração de múltiplos processos ambientais, a flexibilidade para simular diversas condições e a ampla aceitação na comunidade científica, o que facilita o acesso a suporte, documentação e bases de dados. Sua estrutura modular permite adaptações e ajustes para diferentes contextos regionais (Santos et al., 2018).

3.1.1. Estudos que Utilizaram o SWAT para Modelagem Hidrológica e Sedimentação

Diversos estudos têm aplicado o SWAT para análise hidrológica e de sedimentação em bacias hidrográficas de diferentes características. Segundo Arnold et al. (1998) apresentaram o desenvolvimento inicial do SWAT e demonstraram sua capacidade de simular o impacto do uso do solo e práticas agrícolas na erosão e qualidade da água em bacias dos Estados Unidos.

Neitsch et al. (2011) aplicaram o SWAT na avaliação da sedimentação em uma bacia hidrográfica tropical, mostrando resultados detalhados sobre a contribuição de diferentes áreas para o transporte de sedimentos durante eventos de chuva intensa.

Na América do Sul, utilizaram o SWAT para modelar a dinâmica hidrológica e sedimentológica em uma bacia do Brasil, comprovando a eficiência do modelo na previsão da erosão do solo e no planejamento de medidas de conservação (Betrie et al., 2011).

3.2. Modelo SDR (Sediment Delivery Ratio)

O modelo Sediment Delivery Ratio (SDR) é uma ferramenta essencial para estimar a fração dos sedimentos erodidos que efetivamente é transportada até o ponto de saída de uma bacia hidrográfica, como rios ou reservatórios. Essa estimativa é crucial para avaliar a real carga de sedimentos que impacta os corpos de água e para planejar medidas eficazes de conservação e manejo sustentável do solo e da água (Xu et al., 2022).

Nos estudos recentes, o SDR tem sido integrado a modelos empíricos e distribuídos, como o RUSLE (Equação Universal de Perda de Solo Revisada) e o modelo InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs), para melhorar a precisão da previsão da entrega de sedimentos em diferentes contextos ambientais e climáticos (Ghimire et al., 2024).

O cálculo do SDR incorpora diversos fatores físicos e hidrológicos, incluindo topografia, cobertura do solo, padrões de uso da terra, distância de transporte e características da precipitação. Por exemplo, Wu et al. (2018) aprimoraram o modelo RUSLE ao incluir o grau de concentração da precipitação para captar melhor a dinâmica da erosão e da entrega de sedimentos nas bacias hidrográficas.

3.2.1. Aplicações e Avanços Recentes na Modelagem do SDR

Nos últimos anos, o modelo Sediment Delivery Ratio (SDR) tem sido amplamente aprimorado e aplicado para estimar a entrega real de sedimentos em bacias hidrográficas. Avanços importantes incluem a integração do SDR com modelos de erosão, como o RUSLE, e o uso de dados espaciais de alta resolução e variáveis hidrológicas, que aumentam a precisão das estimativas. Estudos recentes, como os de Ghimire et al. (2024) e Pérez-Cutillas et al. (2025) demonstram a eficácia do SDR para identificar áreas críticas de erosão e apoiar práticas de manejo sustentável. Além disso, melhorias metodológicas, como a incorporação da concentração da precipitação (Xu et al., 2022), aprimoram a modelagem do transporte sedimentar. Revisões recentes destacam os desafios relacionados à complexidade dos processos sedimentares e à qualidade dos dados,

indicando a necessidade de integração com tecnologias avançadas para futuras pesquisas.

3.3. Integração dos Modelos SWAT e SDR nas Análises de Sedimentação

A integração dos modelos hidrológicos SWAT (Soil and Water Assessment Tool) e SDR (Sediment Delivery Ratio) tem sido explorada para aprimorar a análise das áreas de sedimentação em bacias hidrográficas. Embora a combinação direta desses modelos ainda seja pouco comum, estudos aplicam o SWAT para simular a produção e o transporte de sedimentos, enquanto o SDR é utilizado para estimar a fração de sedimentos que efetivamente alcança os cursos de água.

Por exemplo, Lima et al. (2021) aplicaram o modelo SWAT na bacia do Rio Mutum Paraná, Rondônia, demonstrando sua eficácia na análise hidrossedimentológica. Araújo et al. (2019) destacaram a relevância da modelagem hidrológica com SWAT em relevo cárstico para compreender processos relacionados à água subterrânea, ainda que sem integrar diretamente o SDR.

Silva e Medeiros (2014) evidenciaram a eficácia do SWAT acoplado a Sistemas de Informações Geográficas na análise da produção de sedimentos e escoamento superficial, reforçando a importância da integração de ferramentas para a gestão dos recursos hídricos.

Dessa forma, a combinação dos modelos SWAT e SDR, mesmo que utilizada de forma complementar, oferece uma compreensão mais detalhada dos processos hidrossedimentológicos, contribuindo para a gestão sustentável e prevenção dos impactos da sedimentação em eventos de cheias e inundações.

Diversos estudos aplicando o modelo SWAT e outros métodos integrados têm demonstrado a capacidade de estimar a produção e o transporte de sedimentos em bacias hidrográficas, identificando áreas críticas para intervenções de manejo ambiental. Os principais desafios enfrentados envolvem a calibração do modelo devido à variabilidade espacial dos dados, a obtenção e atualização de informações precisas sobre uso do solo e solos, e a modelagem em regiões com alta heterogeneidade climática e geomorfológica. Estratégias eficazes incluem o uso de dados de alta resolução, integração com técnicas de sensoriamento remoto, monitoramento contínuo e a combinação de múltiplos modelos e índices de conectividade sedimentar.

4. Conclusão

A análise da sedimentação em bacias hidrográficas, especialmente durante cheias e inundações, é vital para entender a qualidade da água e a sustentabilidade dos ecossistemas. A Bacia Hidrográfica do Rio Inhanombe ilustra essa importância para a gestão de recursos naturais.

Os modelos SWAT e SDR são ferramentas importantes para simular a produção e o transporte de sedimentos. O SWAT modela processos hidrológicos e sedimentológicos em detalhe, enquanto o SDR estima a fração de sedimentos que chega aos corpos de água, ajudando a identificar áreas críticas.

Desafios incluem a calibração dos modelos, a busca por informações precisas sobre uso do solo e a complexidade dos processos ambientais. O uso combinado de ferramentas e um manejo adaptativo são essenciais para a conservação do solo e a sustentabilidade da água. A aplicação integrada dos modelos na Bacia do Inhanombe pode fornecer informações valiosas para uma gestão sustentável, reduzindo impactos da sedimentação e promovendo o equilíbrio ambiental da região.

■ REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Arnold, J.G., et al. (1998) Large Area Hydrologic Modeling and Assessment—Part 1 Model Development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34, 73-89. References—Scientific Research Publishing. (sem data). Obtido 30 de março de 2026, de <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1615720>
- [2] Betocco, T., Figueiredo, T. de, Paz-González, A., & López-Vicente, M. (2023). Transporte de sedimentos em bacias hidrográficas hispano-portuguesas montanhosas: Avaliação da resposta hidrológica através da aplicação do índice de conectividade. *Revista de Ciências Agrárias*, 46(especial). <https://doi.org/10.19084/rca.33353>
- [3] Betrie, G. D., Mohamed, Y. A., van Griensven, A., & Srinivasan, R. (2011). Sediment management modelling in the Blue Nile Basin using SWAT model. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(3), 807-818. <https://doi.org/10.5194/hess-15-807-2011>
- [4] Brandão, L. de O. de A. (2024). Utilização do modelo SWAT para análise de respostas hidrológicas em diferentes cenários na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu—Bahia. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/275008>
- [5] Brandão, L., Robaina, L. E. de S., & Trentin, R. (2024). Análise das Unidades de Respostas Hidrológicas da Bacia do Rio Paraguaçu-Ba através do modelo SWAT. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17(6), 4535-4553. <https://doi.org/10.26848/bgf.v17.6.p4535-4553>
- [6] Ghimire, S., Singh, U., Panthi, K. K., & Bhattarai, P. K. (2024). Spatial Sediment Erosion and Yield Using RUSLE Coupled with Distributed SDR Model. *Water*, 16(24), 3549. <https://doi.org/10.3390/w16243549>
- [7] Lima, J. da S., Nunes, D. D., & Checchia, T. E. (2021). Aplicação do modelo SWAT como ferramenta para análises hidrossedimentológicas na bacia hidrográfica do Rio Mutum Paraná RO. *Geosul*, 36(78), 434-453. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e66199>
- [8] Liu, Y., Li, S., Wang, X., An, Y., & Wang, R. (2020). Dynamic Interception Effect of Internal and External Nitrogen and Phosphorus Migration of Ecological Ditches. *Water*, 12(9), 2553. <https://doi.org/10.3390/w12092553>
- [9] Marmontel, C. V. F., Pissarra, T. C. T., Ranzini, M., & Rodrigues, V. A. (2019). APLICABILIDADE DO MODELO HIDROLÓGICO SWAT NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBUNA, SP - BRASIL. *IRRIGA*, 24(3), 594-609. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p594-609>
- [10] Minella, J. P. G., Merten, G. H., Reichert, J. M., & Santos, D. R. dos. (2007). Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas Identification and implications for soil conservation of sediment sources in catchment areas. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 31(6), 1637-1646. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832007000600039>
- [11] Montanher, O. C. (2013). CICLOS DE EROSIÃO E SEDIMENTAÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS DO NOROESTE PARANAENSE E SUAS IMPLICAÇÕES NO AJUSTE DE SISTEMAS FLUVIAIS. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i4.401>
- [12] Neitsch, S.L., et al. (2011) Soil & Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406, 647 p. - References—Scientific Research Publishing. (sem data). Obtido 30 de março de 2026, de <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3175114>
- [13] Notisso, P. F., & Formiga, K. T. M. (2020). Avaliação de Alocação de Água na Bacia Hidrográfica do Rio Inhanombe, Moçambique. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(4), 1870-1885. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.4.p1870-1885>
- [14] Pérez-Cutillas, P., Benabdelouahab, S., & Salhi, A. (2025). Mitigating Erosion and Enhancing Sediment Retention: A Modeling Approach to Sustainable Land Management. *Earth Systems and Environment*. <https://doi.org/10.1007/s41748-025-00660-9>
- [15] Santos, J. T. S. dos, Sousa, A. M. L. de, Nunes, H. G. G. C., & Pontes, A. K. dos santos. (2018). O Modelo SWAT como Ferramenta para a Gestão de Recursos Hídricos: Um exemplo aplicado no rio Apeú, Castanhal/PA. *Revista de Gesto de Água da América Latina*, 15(2018). <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/56>
- [16] Silva, C. A. I. da. (2014). Análise de aplicabilidade da interface do modelo hidrológico Swat-sig no estudo da produção de sedimentos em uma bacia no Nordeste do Brasil. <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/5210>
- [17] Silva, R. M. da, & Medeiros, I. de C. (2014). Análise hidrossedimentológica em ambiente SIG usando o modelo SWAT. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (14), 211-231.
- [18] Wu, L., Liu, X., & Ma, X. (2018). Research progress on the watershed sediment delivery ratio. *International Journal of Environmental Studies*, 75(4), 565-579. <https://doi.org/10.1080/00207233.2017.1392771>
- [19] Xu, Z., Zhang, S., Zhou, Y., Hou, X., & Yang, X. (2022). Characteristics of watershed dynamic sediment delivery based on improved RUSLE model. *CATENA*, 219, 106602. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106602>