

Polo



ProfÁgua

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS – PROFÁGUA

**AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM HIDROSEDIMENTOLÓGICA
EM PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS NO RIO GRANDE DO
SUL**

THAWARA GIOVANNA SOUZA DA FONSECA GUIDOLIN

Porto Alegre/RS
2023

ProfÁgua



ProfÁgua



THAWARA GIOVANNA SOUZA DA FONSECA GUIDOLIN

**AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM HIDROSEDIMENTOLÓGICA EM
PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS NO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua UFRGS como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan

Banca examinadora:

Prof. Dr. Diogo Costa Buarque

Prof. Dr. Maurício Andrades Paixão

Porto Alegre/RS
2023

CIP - Catalogação na Publicação

Guidolin, Thawara Giovanna Souza da Fonseca
Avaliação da abordagem hidrossedimentológica em
Planos de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul /
Thawara Giovanna Souza da Fonseca Guidolin. -- 2023.
132 f.
Orientador: Fernando Mainardi Fan.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas,
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Planos de Bacia. 2. Perda de solos. 3. Produção
de sedimentos. 4. Política Nacional de Recursos
Hídricos. 5. Hidrossedimentologia. I. Fan, Fernando
Mainardi, orient. II. Título.

THAWARA GIOVANNA SOUZA DA FONSECA GUIDOLIN

AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM HIDROSEDIMENTOLÓGICA EM PLANOS DE
RECURSOS HÍDRICOS NO RIO GRANDE DO SUL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre.

Aprovado em: 22 de junho de 2023.

Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan – IPH/UFRGS
Orientador

Prof. Dr. Diogo Costa Buarque – UFES
Examinador

Prof. Dr. Maurício Andrades Paixão – UFRGS
Examinador

“(…) É indispensável trabalhar, pois um mundo de criaturas passivas seria também triste e sem beleza. Precisamos, entretanto, dar um sentido humano às nossas construções. E quando o amor ao dinheiro, ao sucesso nos estiver deixando cegos, saibamos fazer pausas para olhar os lírios do campo e as aves do céu.”
(Olhai os lírios do campo, Erico Verissimo)

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

Agradeço a Deus, pela dádiva da vida. Aos meus pais – Helio e Lúcia – por todo o apoio, suporte e amor durante toda a minha caminhada. Ao Guilherme, por fazer os meus dias mais leves e felizes. A minha família e amigos, por toda a paciência e carinho a mim dedicado, por entenderem minhas ausências em muitos momentos. Aos meus colegas e amigos da PROFILL Engenharia e do ProfÁgua, por todo auxílio ofertado sempre que necessário. Ao meu orientador, Fernando, por todos os ensinamentos repassados e por não desistir deste trabalho. Por fim, mas não menos importante, a UFRGS e ao IPH, por novamente me receberem de portas abertas, contribuindo para minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

GUIDOLIN, Thawara Giovanna Souza da Fonseca. Avaliação da Abordagem Hidrossedimentológica em Planos de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁgua, IPH/UFRGS, Porto Alegre/RS. 2023.

A Lei Federal nº 9.433/1997, também conhecida como Lei das Águas, instituiu no país a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH); dentre os cinco instrumentos da PNRH, os Planos de Recursos Hídricos se destacam. Eles são, em resumo, planos diretores que objetivam fundamentar e orientar a implementação desta Política, analisando as condições atuais das bacias hidrográficas e estabelecendo projeções e metas futuras. Também buscam analisar as modificações nos padrões de uso e ocupação dos solos e a concepção de metas de melhorias de qualidade das águas. Todos estes conteúdos estão intimamente conectados ao tema “hidrossedimentologia”, porém a abordagem deste tema nos Planos atualmente é fragmentada e, em alguns casos, escassa. Motivado por esta questão, o objetivo geral do presente trabalho é o de estabelecer um panorama da abordagem hidrossedimentológica adotada nos Planos de Recursos Hídricos frente aos desenvolvimentos científicos mais modernos na área, tendo como estudo de caso os PRHs elaborados no Estado do Rio Grande do Sul. A metodologia aplicada foi dividida em duas etapas: na primeira foram analisados os Planos de Bacia já disponíveis para a área de estudo, no que tange a avaliação da perda de solos e da produção de sedimentos nestes estudos. Na segunda etapa, foram identificadas as metodologias mais comumente utilizadas na literatura científica para a abordagem da temática hidrossedimentológica – baseada em uma busca realizada na base de dados Scopus. Após, as metodologias identificadas nas duas etapas (PRHs e trabalhos científicos) foram analisadas e comparadas. Os resultados obtidos demonstram que os Planos de Bacia utilizam, em sua maioria, a USLE para estimativa da perda de solos potencial, e junto a esta aplicam uma Taxa de Transferência de Sedimentos para obtenção da produção de sedimentos. Dos PRHs disponíveis para a área de estudo, apenas 65% avaliam a perda de solos, e 53% quantificam a produção de sedimentos. Em comparação com a literatura científica, dos 243 artigos avaliados, 44% destes aplicam o modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*), seguido pela utilização do modelo WEPP (*Water Erosion Prediction Project*) em 20 trabalhos. Conclui-se que as metodologias aplicadas nos Planos de Recursos Hídricos para o Estado do Rio Grande do Sul geram resultados inferiores – menos precisos – aos métodos utilizados em artigos científicos. Enquanto grande parte dos resultados nos PRHs permitem quantificar a produção de sedimentos apenas por eventos e em pontos localizados da área de estudo, as metodologias mais comumente empregadas na literatura científica geram séries históricas de dados, podendo ser obtidas e analisadas informações para diversos locais da bacia hidrográfica. Assim, a lacuna gerada pela falta de análises mais robustas em grande parte dos PRHs estudados acaba por dificultar que o Plano de Bacia gere conclusões mais apuradas quanto às características qualiquantitativas dos cursos d’água – no que tange ao conhecimento hidrossedimentológico, ocasionando até mesmo uma maior fragilidade em relação a diagnósticos e proposições relacionados ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Planos de Bacia; perda de solos; produção de sedimentos.

ABSTRACT

GUIDOLIN, Thawara Giovanna Souza da Fonseca. Evaluation of the Hydrosedimentological Approach in Water Resources Plans in Rio Grande do Sul. Dissertation. Professional Master's Degree in Management and Regulation of Water Resources, Post Graduate Program in National Network ProfÁgua, IPH/UFRGS, Porto Alegre/RS. 2023.

The Federal Law N° 9.433/1997, also known as the Water Law, established the National Water Resources Policy (NWRS) in Brazil. Among the five instruments of the NWRS, the Water Resources Plans stand out. Briefly, they are master plans that aim to support and guide the implementation of this Policy, analyzing the current conditions of the river basins and establishing future projections and goals. They also seek to analyze changes in land use and occupation patterns and the design of water quality improvement targets. All these contents are closely connected to the topic “hydrosedimentology”, however the approach to this topic in the Plans is currently fragmented and, in some cases, scarce. Motivated by this question, the general objective of this work is to establish an overview of the hydrosedimentological approach adopted in the Water Resources Plans considering the most modern scientific developments in the area, taking as a case study the Plans published in Rio Grande do Sul state. The methodology applied was divided into two stages: first, the Basin Plans already available for the study area were analyzed, regarding the assessment of soil loss and sediment production in these studies. In the second stage, the methodologies most used in scientific literature to approach hydrosedimentology were identified – based on a search carried out in the Scopus database. Afterwards, the methodologies identified in the two stages (Basin Plans and scientific works) were analyzed and compared. The results obtained demonstrate that the Basin Plans mostly use USLE to estimate potential soil loss, and together with this they apply a Sediment Delivery Ratio to obtain sediment production. Of all Water Resources Plans available for the study area, only 65% assess soil loss, and 53% quantify sediment production. Compared with the scientific literature, of the 243 articles evaluated, 44% of them apply the SWAT model (Soil and Water Assessment Tool), followed by the WEPP model (Water Erosion Prediction Project) in 20 works. It is concluded that the methodologies applied in the Water Resources Plans for the Rio Grande do Sul state generate inferior results – less accurate – to the methods used in scientific articles. While most of the results in Basin Plans allow quantifying sediment production only by events and at localized points in the study area, the methodologies most used in scientific literature generate historical data series, allowing information to be obtained and analyzed for different locations in the watershed. Thus, the gap generated by the lack of more robust analyzes in a large part Water Resources Plans ends up making it difficult for these Plans generate more accurate conclusions regarding the qualitative and quantitative characteristics of the watercourses – in terms of hydrosedimentological knowledge, even causing a greater fragility in relation to diagnoses and propositions related to the use and occupation of soil in the watershed.

Key words: Basin Plans; soil loss; sediment production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz Institucional representativa do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.	22
Figura 2. Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e suas interrelações.....	23
Figura 3. Esquema representativo da gestão integrada de recursos hídricos e suas interrelações e interações.	31
Figura 4. Macrorregiões Hidrográficas brasileiras e suas delimitações.....	35
Figura 5. Situação dos Planos Estaduais de Recursos Hídricos nas unidades federativas.....	37
Figura 6. Situação dos Planos de Bacias Interestaduais para as macrorregiões hidrográficas.	38
Figura 7. Atores do Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul.	40
Figura 8. Unidades para Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul.	41
Figura 9. Processos hidrossedimentológicos e sua ocorrência em bacias hidrográficas.	44
Figura 10. Fluxograma contendo a metodologia adotada nesse estudo.	49
Figura 11. Divisão do Estado do Rio Grande do Sul em regiões hidrográficas.	50
Figura 12. <i>Status</i> atual dos Planos de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul.	57
Figura 13. Porcentagem de metodologias aplicadas nos PRHs para avaliação da perda de solos (superior) e produção de sedimentos (inferior).....	68
Figura 14. Bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul cujo PRH avalia a perda de solos.	69
Figura 15. Bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul cujo PRH avalia a produção de sedimentos.....	70
Figura 16. Distribuição temporal dos trabalhos selecionados através de pesquisa na base de dados Scopus.	73
Figura 17. Distribuição percentual das dez metodologias mais aplicadas pelos trabalhos científicos avaliados.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul: área e população	50
Tabela 2. Relação de Comitês de Bacia e Plano de Recursos Hídricos para o Estado do Rio Grande do Sul.	52
Tabela 3. Relação e referência dos Planos de Bacia consultados.	58
Tabela 4. Resumo da abordagem hidrossedimentológica adotada nos PRHs da região hidrográfica do Guaíba.	59
Tabela 5. Resumo da abordagem hidrossedimentológica adotada nos PRHs da região hidrográfica das Bacias Litorâneas.	63
Tabela 6. Resumo da abordagem hidrossedimentológica adotada nos PRHs da região hidrográfica do Uruguai.	65
Tabela 7. Planos de Bacia que sugerem a aplicação de medidas envolvendo hidrossedimentologia em seu Plano de Ações.	71
Tabela 8. Metodologias e número de artigos identificados para a amostra de trabalhos obtida através da pesquisa na base de dados Scopus.	74
Tabela 9. Metodologias identificadas em artigos que avaliam sedimentologia associada a impactos oriundos de mudanças climáticas.	78
Tabela 10. Perguntas realizadas e respostas geradas ao ChatGPT.	79
Tabela 11. Relação completa de artigos avaliados, oriundos da base de dados Scopus, considerando os filtros de busca aplicados.	105
Tabela 12. Relação de perguntas e respostas completas fornecidas pelo ChatGPT.	121
Tabela 13. Lista de estações com dados sedimentométricos obtidas da Rede Hidrometeorológica Nacional e correlacionadas com as Regiões e Bacias Hidrográficas adotadas para o Estado do Rio Grande do Sul.	126

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABRHidro – Associação Brasileira de Recursos Hídricos
AC – Estado do Acre
AL – Estado de Alagoas
AM – Estado do Amazonas
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANFIS – *Adaptive Network-based Fuzzy Inference System*
AnnAGNPS – *Annualized Agricultural Non-Point Source Pollution Model*
APEX – *Agricultural Policy Environmental eXtender*
APP – Área de Preservação Permanente
ARH – Agências de Região Hidrográfica
BA – Estado da Bahia
BSTEM – *Bank Stability and Toe Erosion Model*
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBH – Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica
CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
DF – Distrito Federal do Brasil
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DREAM – *Distributed Runoff and Erosion Assessment Model*
DRHS – Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento
DWSM – *Dynamic Watershed Simulation Model*
DYRM – *Digital Yellow River Model*
ES – Estado do Espírito Santo
ETA – Estação de Tratamento de Água
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Röessler
GO – Estado de Goiás
GSPTM – *Grid-based Sediment Production and Transport Model*
GSSHA – *Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis Model*
GWLF – *Generalized Watershed Loading Functions Model*
HEC-HMS – *Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System*
HEC-RAS – *Hydrologic Engineering Center- River Analysis System*
HSPF – *Hydrologic Simulation Program FORTRAN*
HSVM – *Hydrology Soil Vegetation Model*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IntErO – *Intensity of Erosion and Outflow Model*
KINEROS2 – *Kinematic Runoff Erosion Model*
LISEM – *Limburg Soil Erosion Model*
LSPC – *Loading Simulation Program in C++*
MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional
MG – Estado de Minas Gerais
MMMMF – *Modified Morgan-Morgan-Finney Model*
MS – Estado do Mato Grosso do Sul
MT – Estado do Mato Grosso
MUSLE – *Modified Universal Soil Loss Equation*
MUSLE - *Modified Universal Soil Loss Equation* (Equação Universal de Perda de Solos Modificada)
NETSTARS – *Network of Sediment Transport Model for Alluvial River Simulation*

PA – Estado do Pará
PB – Estado da Paraíba
PCJ – Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
PE – Estado de Pernambuco
PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
PNRH 2022-2040 – Plano Nacional de Recursos Hídricos 2022 a 2040
PR – Estado do Paraná
PRH – Plano de Recursos Hídricos
PSED – *Physiographic Soil Erosion-Deposition Model*
RHEM – *Rangeland Hydrology Erosion Model*
RJ – Estado do Rio de Janeiro
RN – Estado do Rio Grande do Norte
RO – Estado de Rondônia
RS – Estado do Rio Grande do Sul
RUSLE - *Revised Universal Soil Loss Equation* (Equação Universal de Perda de Solos Revisada)
SBRH – Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
SCS-CN – *Soil Conservation Service-Curve Number*
SDR – *Sediment Delivery Ratio* (Taxa de Transferência de Sedimentos)
SE – Estado de Sergipe
SedNet – *Sediment budgets for river Networks Model*
SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura
SeRFE – *Sediment Routing and Floodplain Exchange Model*
SERH – Sistema Estadual de Recursos Hídricos
SHETRAN – *Systeme Hydrologique Europeen Transport Model*
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SMB – *Soil Moisture Balance*
SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNRH – Sistema Nacional de Recursos Hídricos
SNSH – Secretaria Nacional de Segurança Hídrica
SP – Estado de São Paulo
STREAM – *Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Management Model*
SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SWAT – *Soil and Water Assessment Tool*
SYI – *Sediment Yield Index* (Índice de Produção de Sedimentos)
TDR – Termo de Referência
THREW – *Tsinghua Representative Elementary Watershed Model*
TO – Estado do Tocantins
Topofilter – *Topographic Filtering Simulation Model*
tRIBS-OFM – *triangulated Real-time Integrated Basin Simulator - Overland Flow Model*
UGRHI - Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USLE – *Universal Soil Loss Equation* (Equação Universal de Perda de Solos)
WaTEM/SEDEM – *Water and Tillage Erosion Model and Sediment Delivery Model*
WEPP – *Water Erosion Prediction Project*
WetSpa – *Water and Energy Transfer between Soil, Plants, and Atmosphere Model*
WMO – *World Meteorological Organization* (Organização Meteorológica Mundial)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1	BREVE HISTÓRICO DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	19
3.2	A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	21
3.2.1	<i>Enquadramento dos corpos de água em classes.....</i>	23
3.2.2	<i>Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos.....</i>	25
3.2.3	<i>Cobrança pelo uso de recursos hídricos.....</i>	26
3.2.4	<i>Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos</i>	28
3.2.5	<i>Planos de Recursos Hídricos</i>	29
3.3	DIVISÕES HIDROGRÁFICAS DO BRASIL E SEUS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS .	32
3.4	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO RIO GRANDE DO SUL	39
3.5	ESTUDOS SOBRE SEDIMENTOS	43
3.5.1	<i>Modelos hidrossedimentológicos.....</i>	45
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.1	ETAPA 1: OS ESTUDOS DE SEDIMENTOS NOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS	48
4.1.1	<i>Área de estudo</i>	49
4.2	ETAPA 2: OS ESTUDOS DE SEDIMENTOS NA LITERATURA CIENTÍFICA.....	52
5	RESULTADOS.....	57
5.1	PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS	57
5.1.1	<i>Região do Guaíba.....</i>	59
5.1.2	<i>Região das Bacias Litorâneas.....</i>	63
5.1.3	<i>Região do Uruguai.....</i>	65

5.1.4	<i>Compilado para todas as regiões</i>	68
5.2	TRABALHOS CIENTÍFICOS	73
5.2.1	<i>Base de dados Scopus</i>	73
5.2.2	<i>Ferramenta de inteligência artificial</i>	79
5.3	COMPARAÇÃO: PLANOS DE BACIA <i>VERSUS</i> ARTIGOS CIENTÍFICOS	82
5.4	MINUTA DE TERMO DE REFERÊNCIA PARA ESTUDOS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS EM PLANOS DE BACIA NO RS	86
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	91
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
8	ANEXOS	105

1 INTRODUÇÃO

Os Planos de Recursos Hídricos (PRHs) são o primeiro instrumento previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997). São eles que definem a agenda de recursos hídricos de uma região, e incluem informações diversas, desde ações de gestão, projetos, obras a investimentos prioritários. Além disso, fornecem também informações atualizadas que contribuem para a base de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021). Em resumo, são planos diretores que objetivam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei Federal Nº 9.433/1997, bem como o gerenciamento de recursos hídricos no país.

Os Planos de Recursos Hídricos devem combinar uma ampla análise das condições atuais, de projeções das possibilidades futuras e da realidade socioeconômica da região em que se localiza cada corpo d'água. O diagnóstico, baseado na análise supracitada, permite estabelecer um conjunto de objetivos e ações de curto, médio e longo prazos para solucionar os problemas existentes e prevenir problemas futuros. Este planejamento tem por objetivo conciliar os múltiplos interesses e necessidades da sociedade com uma melhor gestão dos recursos hídricos. Considerando a organização prevista no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, é de responsabilidade das Agências de Água elaborar o Plano de Recursos Hídricos, e dos Comitês de Bacia Hidrográfica o de acompanhar a execução e aprovar o PRH (BRASIL, 1997).

Com a expansão da ocupação humana ocorrendo em bacias hidrográficas, alterações antrópicas são observadas no meio ambiente de forma mais recorrente, causando impactos não apenas no regime hidrológico destes locais, bem como no regime sedimentológico. Carvalho (2008) aponta que processos sedimentológicos podem responder à ação humana não controlada de forma radical e em uma escala de tempo bem menor do que os processos hidrológicos. Assim, torna-se evidente a necessidade de estudos que auxiliem na compreensão da dinâmica dos recursos hídricos de forma conjunta, visando promover uma gestão sistemática, conforme preconiza as diretrizes de ação propostas na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Assim, os Planos de Recursos Hídricos buscam não apenas uma análise sobre a situação atual dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, como visam também análises envolvendo modificações nos padrões de uso e ocupação do solo, na concepção de metas de melhoria da qualidade dos recursos hídricos, além de abordarem propostas para a criação de áreas sujeitas

à restrição de uso, com vistas à conservação e proteção dos mananciais (BRASIL, 1997). Todos estes conteúdos mínimos indicados na legislação que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos estão intimamente ligados a hidrossedimentologia. Porém este trabalho parte da observação de que a abordagem deste tema nos Planos de Recursos Hídricos, quando ocorre, tem sido geralmente inexplorada de forma compatível entre bibliografia técnica e científica, onde atualmente existe uma lacuna de conhecimento para a elaboração de PHRs relacionada com quais abordagens possuem maior ou menor dificuldade de aplicação, e qual abordagem gera resultados menos ou mais úteis para os objetivos dos planos.

Esta pesquisa aborda a temática hidrossedimentológica aplicada aos Planos de Recursos Hídricos, visando promover um panorama crítico e comparativo deste tema em PRHs, tendo como estudo de caso o Estado do Rio Grande do Sul.

2 OBJETIVOS

A seguir estão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos que conduziram este trabalho.

2.1 OBJETIVO GERAL

Estabelecer um panorama comparativo da abordagem hidrossedimentológica adotada nos Planos de Recursos Hídricos frente aos desenvolvimentos científicos mais modernos na área, tendo como estudo de caso os PRHs elaborados no Estado do Rio Grande do Sul.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os Planos de Bacia elaborados para a área de estudo, identificando as metodologias aplicadas no âmbito das análises de processos erosivos e hidrossedimentológicos dos mesmos;
- Verificar, através de pesquisa em bases de dados de periódicos científicos, o estado da arte acerca das técnicas existentes mais preconizadas e aplicadas nesta temática atualmente;
- Comparar os resultados da busca empregada em artigos científicos ao que atualmente se encontra executado nos Planos de Recursos Hídricos estudados;
- Propor, com base na literatura, os resultados mínimos esperados em relação a avaliação e diagnóstico hidrossedimentológico em Planos de Recursos Hídricos, elaborados em escala de bacia hidrográfica;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o referencial teórico deste trabalho, organizado de forma a subsidiar o entendimento da metodologia proposta.

3.1 BREVE HISTÓRICO DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Em 10 de julho de 1934, o presidente à época Getúlio Vargas, publicou o Código de Águas Brasileiro, promulgado através do Decreto N° 24.643. Este foi o responsável por definir o regime jurídico e de concessão das águas no país, no qual se atribuiu à União, entre outras funções, a responsabilidade de autorizar e conceder quaisquer empreendimentos destinados à produção de energia hidrelétrica (BRASIL, 1934).

Entretanto, apesar do Código das Águas, em seu Art. 5, considerar públicas e de uso comum as águas situadas nas zonas periodicamente afligidas por secas (BRASIL, 1934), não houve na fase de elaboração do documento texto específico destinado a abordagem do semiárido brasileiro. No contexto de regulamentação pelo uso dos recursos hídricos, o Brasil possuía uma legislação geral, de aplicação principal em regiões úmidas, e um conjunto de legislações dispersas para a região das secas, muitas delas elaboradas por instituições como o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) (CAMPOS, 2013).

Com o início do processo de redemocratização no Brasil, fundamentado principalmente com a promulgação da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), é concedido aos Estados e Municípios maior participação em esferas de gestão, inaugurando uma nova etapa no processo de gerenciamento de recursos hídricos no país. O aumento no grau de complexidade envolvendo os problemas relacionados aos recursos hídricos no país, assim como a evolução do quadro político e institucional da nação, culminaram na criação de novas organizações acerca deste tema, com maior participação direta da sociedade – que antes encontrava-se virtualmente ausente de processos deste tipo.

Segundo Campos (2011), o principal debate nacional envolvendo a questão do paradigma da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos no Brasil iniciou-se no Seminário Internacional de Gestão de Recursos Hídricos realizado em Brasília, em março de 1983. A partir desta data o tema passou a ser mais discutido, até que no Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (SBRH) de 1989 a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) mobiliza-se e compõe a Carta de Foz Iguaçu. Este documento, por sua vez, adotou alguns dos princípios

dispostos na Lei das Águas da França (já aprovada em 1964), complementando-os de acordo com a realidade brasileira do período.

A Carta de Foz do Iguaçu delimita alguns dos princípios básicos que posteriormente seriam adotados no estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos, como: a bacia hidrográfica é a unidade de gestão para os recursos hídricos, o reconhecimento da água como um bem dotado de valor econômico, e a gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos (PORTO & PORTO, 2008).

Apesar da promulgação da Lei Federal Nº 9.433 se dar apenas em 1997, ainda na década de 1980 inicia-se o delineamento da construção do modelo de gestão de águas no Brasil, com a criação da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH) em 1987 (CAMPOS, 2006). Com isso, deu-se início a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará, publicado no ano de 1992, que posteriormente impulsionou a publicação da Lei Estadual de Recursos Hídricos Nº 11.996, de julho de 1992. Assim, a Política Estadual de Recursos Hídricos do Ceará instituiu um Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH), composto, entre outros órgãos, por um Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) – deliberativo e consultivo, e Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) – órgãos consultivos (CEARÁ, 1992).

Nesta mesma época, no Estado do Rio Grande do Sul, foi criado através do Decreto Estadual Nº 32.774, de 1988, o primeiro Comitê de Preservação e Gerenciamento e Pesquisa de uma bacia hidrográfica de rio estadual no país – o COMITESINOS (RIO GRANDE DO SUL, 1988). A instituição deste órgão se deu, principalmente, devido às preocupações relacionadas à degradação do meio ambiente e da qualidade da água do Lago Guaíba – um dos principais corpos de água do estado, que tem no Rio dos Sinos um de seus formadores.

O segundo comitê a ser organizado no Estado do Rio Grande do Sul teve processo de criação semelhante ao COMITESINOS. A poluição do Rio Gravataí que, assim como o Rio dos Sinos, localiza-se em uma região altamente urbanizada e industrializada (Região Metropolitana de Porto Alegre), passou a ser sinônimo de preocupação – dado o processo de poluição aguda e acelerada de suas águas. Desta forma, também através de Decreto Estadual, em fevereiro de 1989 cria-se o Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Gravataí (RIO GRANDE DO SUL, 1989a).

Apesar da atribuição consultiva dos comitês criados no Rio Grande do Sul, a mobilização no entorno destes órgãos demonstrou a necessidade de se construir um arcabouço

legal e institucional mais amplo para o gerenciamento de recursos hídricos do estado, adotando uma política pública para as águas. Tendo por base fundamentos da Constituição Federal de 1988 e da Constituição Estadual de 1989 (RIO GRANDE DO SUL, 1989b), modelou-se um sistema de gestão e um texto de projeto desta lei foi elaborado. Após um período extenso de debates, em 30 de dezembro de 1994 é sancionada pelo Governo do Estado a Lei Nº 10.350, que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

Também no ano de 1989, desta vez no Estado de São Paulo, alguns municípios inseridos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí unem-se para formar o Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Consórcio PCJ). Esta iniciativa pioneira tinha como principais objetivos promover a recuperação dos rios na área de abrangência, a integração regional e o planejamento do desenvolvimento da bacia (PORTO & PORTO, 2008). Por surgir na administração local e prever um plenário de entidades em suas deliberações, convidando a sociedade civil a participar no processo de tomada de decisões na bacia, a criação do Consórcio PCJ foi uma inovação no país, servindo de força política para interferir junto aos governos federal e estadual no gerenciamento dos recursos hídricos em sua área de domínio.

3.2 A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

A Lei Federal Nº 9.433, sancionada em 8 de janeiro de 1997, enfim deu ao Brasil uma nova política de recursos hídricos, organizando o sistema baseado no paradigma da gestão integrada, e concretizando a bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento e planejamento (PORTO & PORTO, 2008). A Lei das Águas, como ficou popularmente conhecida, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no país, além de criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH (BRASIL, 1997). São seis os fundamentos nos quais se baseia a PNRH:

- I – a água é um bem de domínio público;
- II – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

Entre os fundamentos apresentados na PNRH, alguns pontos merecem destaque, entre eles a definição da água como um bem de domínio público. No Código de Águas havia a previsão da existência de águas particulares no território nacional, e com a Lei Nº 9.433/1997, esta disposição foi revogada, transformando o poder público não em proprietário deste recurso, e sim gestor do bem.

A Lei das Águas, em seu Art. 32, cria e apresenta os objetivos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Os integrantes do SINGREH são os responsáveis por colocar em prática a Política Nacional de Recursos Hídricos, de forma a se atingir os objetivos por ela definidos através das diretrizes propostas (BRASIL, 1997). Com isso, inova-se acerca da gestão antes realizada no país, ao indicar que as decisões a respeito dos recursos hídricos não seriam de responsabilidade apenas de um único órgão centralizador, mas sim de uma organização institucional composta por diversas instituições, tanto do governo como do setor privado (ANA, 2020). A Figura 1 a seguir ilustra os entes que compõem o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

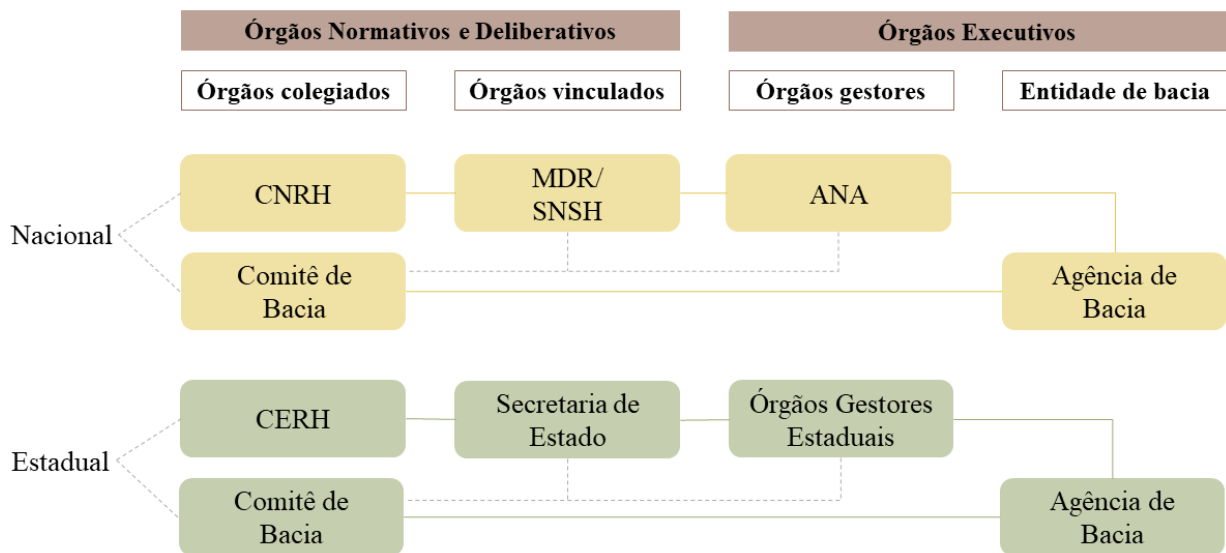


Figura 1. Matriz Institucional representativa do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Fonte: adaptado de ANA (2020).

Considerando as atribuições propostas na Lei Nº 9.433/1997, os componentes do SINGREH são os responsáveis por coordenar a gestão integrada dos recursos hídricos, mediar situações de conflito pelo uso da água, estimular a preservação, recuperação e uso racional dos

recursos hídricos, e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos no país (ANA, 2020). Para isso, dispõe-se de uma série de ferramentas, conforme disposto no Capítulo IV da lei. São cinco os Instrumentos da PNRH:

- I – os Planos de Recursos Hídricos;
- II – o enquadramento dos corpos d’água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III – a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;
- IV – a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V – o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A Figura 2 ilustra a relação entre os instrumentos supracitados.

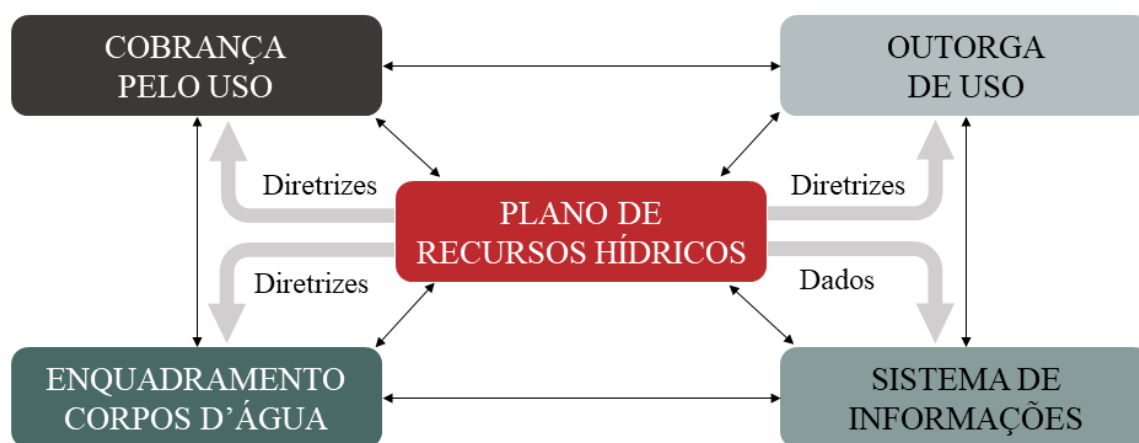


Figura 2. Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e suas interrelações.

Fonte: adaptado de BRASIL (1997).

3.2.1 Enquadramento dos corpos de água em classes

O segundo instrumento apresentado pela Lei Federal Nº 9.433/1997 é o enquadramento dos corpos d’água em classes, considerando os usos preponderantes da água. Ele busca assegurar aos recursos hídricos uma qualidade da água compatível com os usos mais exigentes a que esteja destinado, bem como diminuir os custos relativos à despoluição das águas – por intermédio de ações preventivas de caráter permanente (BRASIL, 1997).

A definição de enquadramento de um curso d’água, qualquer que seja este, deve considerar três aspectos principais: I) a condição atual do recurso hídrico, a qual condiciona seus usos; II) os usos que se deseja para o corpo d’água, expressos pela sociedade e geralmente sem considerar fatores limitantes (tecnologia e custos); e III) a condição possível de se obter,

que representa uma visão mais realista sobre o curso d'água, e incorpora limitações técnicas e econômicas existentes (COSTA & CONEJO, 2009).

Sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para a implementação da PNRH e, conseqüentemente, de seus instrumentos, o processo de elaboração do enquadramento dos corpos d'água também deve considerar toda a extensão da bacia durante seu desenvolvimento. A escala para a definição do enquadramento, entretanto, pode variar, não sendo necessariamente aplicado para todos os cursos d'água de uma bacia hidrográfica. Ressalta-se, porém, que cursos d'água não enquadrados não devem gerar desconformidades naqueles que possuam enquadramento (COSTA & CONEJO, 2009).

O processo de enquadramento dos corpos d'água pode ser dividido em cinco etapas principais, sendo elas: Diagnóstico; Prognóstico; Formulação da proposta de enquadramento; Análise e Deliberações por parte do Comitê de Bacia Hidrográfica e Conselho de Recursos Hídricos; e Programa para efetivação. A identificação dos usos preponderantes - aqueles de maior prioridade entre todos os demais usos dos recursos hídricos - é uma das etapas de maior importância do Diagnóstico, pois irá nortear o estabelecimento da proposta de enquadramento, conforme preconiza a legislação vigente.

Na etapa de Prognóstico são determinados os cenários de desenvolvimento planejados para a bacia hidrográfica, considerando o horizonte de tempo a ser utilizado na definição das metas de enquadramento. Sabendo que o conjunto de parâmetros de qualidade da água adotados no processo deve ser definido em função dos usos pretendidos para os recursos hídricos (CNRH, 2008), deve-se basear o enquadramento nos parâmetros que possuam fontes significativas na área de estudo - e que potencialmente afetem os usos pretendidos, considerando que a gama disponível de análises de qualidade da água é extensa, e o fator econômico é relevante.

Já a elaboração das propostas de alternativas para o enquadramento deve considerar os custos das ações recomendadas, tanto na implantação das metas progressivas quanto na efetivação do enquadramento dos corpos d'água. São estas estimativas que permitem priorizar e programar alternativas de investimentos, visto o caráter oneroso de grande parte das ações para a despoluição dos recursos hídricos. Uma vez identificadas todas as etapas necessárias, estas devem ser sistematizadas em programas, com horizontes de execução definidos, além de custos e prazos de implementação (COSTA & CONEJO, 2009). A elaboração do programa de efetivação é peça chave na pactuação das metas entre os atores da gestão de recursos hídricos

na bacia hidrográfica, sendo de fundamental importância para o alcance do enquadramento estabelecido.

3.2.2 Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos

A outorga é o instrumento previsto pela Lei Nº 9.433/1997 que tem por objetivo assegurar o controle qualiquantitativo dos usos da água no Brasil, bem como o exercício de direito ao acesso deste bem público. Os seguintes usos de recursos hídricos estão sujeitos à outorga:

I – derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II – extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III – lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV – aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V – outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água (BRASIL, 1997).

Para os usos supracitados, a outorga está condicionada ao estabelecido em outros dois instrumentos da PNRH – o Plano de Recursos Hídricos e o enquadramento dos corpos d'água. Assim, esta deve se ater às prioridades de uso estabelecidas no PRH para a bacia hidrográfica em que se solicita o direito de uso de recurso hídrico, além de respeitar a classe em que o curso d'água estiver enquadrado. Desta forma, se aprovada a outorga, esta não implica na alienação parcial da água, mas apenas o direito de seu uso por tempo determinado – que não deve exceder 35 (trinta e cinco) anos, sendo passível de renovação (BRASIL, 1997).

Como preconizado no Art. 14 da Lei das Águas, a efetivação da outorga se dá por ato de autoridade competente, seja ela o Poder Executivo Federal, Estadual ou do Distrito Federal (BRASIL, 1997), não cabendo aos municípios fazer a concessão da outorga. Já os termos dessa concessão podem – e devem – variar de acordo com as demandas, necessidades e características hidrológicas de cada bacia hidrográfica, independente da dominialidade a que o curso d'água esteja submetido (FARIAS, 2008)

A importância da outorga se destaca por este ser o único instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos já previsto na Constituição Federal brasileira de 1988, no inciso XIX do Art. 21, onde encontra-se redigido que compete à União definir critérios de outorga de

direitos de uso dos recursos hídricos (BRASIL, 1988). Com a instituição da Lei das Águas esta competência altera-se, sendo a União responsável pela outorga apenas em rios de domínio federal. Isto destaca o reconhecimento constitucional do importante e essencial papel que a outorga exerce não apenas dentro do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, como na sistemática constitucional ambiental. Assim, este instrumento deve ser compreendido em seu aspecto mais amplo, como um mecanismo que contribui efetivamente para a garantia do direito fundamental dos seres humanos à água, e em consequência, ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (FARIAS, 2008).

3.2.3 Cobrança pelo uso de recursos hídricos

Os principais objetivos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos – instituída pela Lei Nº 9.433/1997 – são o reconhecimento da água como um bem econômico, o incentivo à racionalização de seu uso, e a obtenção de recursos financeiros para a implementação de programas e medidas indicados nos Planos de Recursos Hídricos. Segundo preconiza a Política Nacional de Recursos Hídricos em seu Art. 20, todos os usos sujeitos à outorga são passíveis de cobrança (BRASIL, 1997).

No estabelecimento dos valores a serem cobrados pelo uso da água, deve-se observar (BRASIL, 1997):

- O volume retirado e seu regime de variação: no caso de derivações, captações e extrações de água; e
- O volume lançado e seu regime de variação, incluindo as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade: no caso de lançamentos de esgotos e demais resíduos.

Os valores arrecadados com a cobrança devem, prioritariamente, ser aplicados na bacia hidrográfica em que foram captados, podendo financiar propostas apresentadas no PRH ou mesmo custear despesas com entidades integrantes do SINGREH na área de abrangência em questão. Ressalta-se que a aplicação para este último fim é limitada a 7,5% (sete e meio por cento) do total arrecadado (BRASIL, 1997).

A crescente evolução na poluição e degradação dos recursos hídricos – seja por processos oriundos da urbanização, industrialização ou mesmo da agricultura extensiva – promoveu uma mudança na distribuição da oferta de água, até então vista como um bem abundante, para a gestão de uma demanda constituída por um recurso cada vez mais escasso. A

aplicação de técnicas mais eficientes, como a utilização de instrumentos econômicos na gestão das águas, se faz necessária, objetivando incentivar a racionalização dos padrões de consumo deste bem (ALMEIDA, 2019).

A partir do disposto acima pode-se observar a importância da cobrança pelo uso da água, instrumento que pode ser aplicado como uma forma de regular a eficiência empregada no uso dos recursos hídricos, maximizando os benefícios obtidos e racionalizando seu consumo. A cobrança visa dirimir as consequências resultantes do uso irracional e desenfreado da água, estando assim vinculada ao princípio do poluidor-pagador – nesse caso, entendido como usuário-pagador (ALMEIDA, 2019).

Mesmo após mais de duas décadas da promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, o instrumento da cobrança ainda é pouco utilizado tanto pela União quanto pelos Estados. As peculiaridades de cada região hidrográfica e suas respectivas áreas de contribuição dificultam o estabelecimento de metodologias comuns que possibilitem a definição de valores padronizados a serem pagos pelo uso da água (ALMEIDA, 2019), dificultando assim a efetivação do instrumento de cobrança em maior escala.

Assim como a outorga, a competência administrativa para a cobrança pelo uso da água depende do domínio do recurso hídrico onde deseja se implementar o instrumento, podendo ser responsabilidade da União, dos Estados ou do Distrito Federal. Apesar da complexidade que envolve o tema, o ideal é que o sistema e os instrumentos de gestão – a nível federal e estadual – estejam em sintonia e atuando de forma complementar. Segundo Almeida (2019), até o ano de 2019 apenas seis rios de domínio da União possuíam o instrumento de cobrança efetivamente implementada, sendo eles:

- Bacia do Rio Paraíba do Sul (SP, RJ e MG);
- Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – PCJ (SP e MG);
- Bacia do Rio São Francisco (BA, MG, PE, AL, SE, GO e DF);
- Bacia do Rio Doce (MG e ES);
- Bacia do Rio Paranaíba (GO, MS, MG e DF);
- Bacia do Rio Verde Grande (MG e BA).

No âmbito dos Estados e do Distrito Federal, considerando as 27 (vinte e sete) unidades federativas, apenas seis implementaram a cobrança e possuem arrecadação de valores oriundos deste instrumento (ALMEIDA, 2019). São eles: Ceará, São Paulo, Rio de Janeiro,

Minas Gerais, Paraná e Paraíba. Identifica-se, a partir dos dados e informações acima expressos, uma necessidade de potencializar a implementação do instrumento de cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil, independente da dominialidade destes cursos d'água, visando potencializar a efetivação de programas e medidas propostos para bacias hidrográficas, assim como ampliar a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos nestas áreas.

3.2.4 Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é o instrumento da Lei Nº 9.433/1997 destinado à coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos. É nele onde todos os dados e informações gerados pelos órgãos do SINGREH devem ser incorporados. Baseado nisso, o SNIRH possui três princípios básicos de funcionamento, sendo eles: I) descentralizar a produção e obtenção de informações; II) coordenar o sistema de forma unificada; e III) garantir o acesso de toda a sociedade aos dados nele constantes (BRASIL, 1997).

Após a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, em 1997, a popularização e consolidação dos sistemas de computadores e aplicativos teve rápida expansão, consolidando uma série de realizações que contribuem e servem de suporte na tomada de decisões envolvendo a gestão de recursos hídricos. Isto, obviamente, impactou de forma positiva na difusão e ampliação do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, tendo em vista a facilidade de acesso que o advento da internet trouxe à esta questão.

Por Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos entende-se os serviços públicos e privados incluídos na rede pública de computadores, o que compreende serviços de coleta, armazenamento e divulgação de dados e informações específicas dos colegiados que compõem o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tanto em escala federal, estadual ou mesmo regional. Por meio deste Sistema de Informações é que são criadas as condições para que usuários, comunidade e os comitês gestores do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos acessem as bases de dados de todas as Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs), sejam na esfera estadual ou mesmo federal (SILVA & REIS, 2010).

Alguns dos inúmeros desafios na implementação de uma política pública de acesso à informação em grande escala são aqueles representados pelas barreiras administrativas de coleta e sistematização de informações, além dos relativos à democratização dos meios de

divulgação destas bases de dados. Para que isto seja efetivado, a gestão e a administração do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos necessitam de uma sólida estratégia. É visível a necessidade de uma forte coordenação de ações que impeça o comportamento usual de negar informações solicitadas por parte dos órgãos públicos e, também, que estimule o acesso a espaços plurais de obtenção de dados (MARTINS, 2017).

Reforça-se a necessidade de a Agência Nacional de Águas, dado o seu papel como entidade integrante do SINGREH, promover espaços interinstitucionais visando ao fortalecimento da gestão integrada das águas no Brasil, promovendo a melhoria dos procedimentos de produção, consolidação e disponibilização de informações sobre recursos hídricos (MARTINS, 2017). Considerando o papel central atribuído aos Comitês de Bacias Hidrográficas e Conselhos de Recursos Hídricos pela Lei Nº 9.433, no que tange à participação democrática na gestão das águas, reconhece-se também a importância destes entes no estabelecimento e conservação do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos no país.

Um exemplo desta integração supramencionado é a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), coordenada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, mas que conta com a parceria de instituições federais e entidades estaduais, visando ao monitoramento e disponibilização de informações relacionadas ao gerenciamento de recursos hídricos. A RHN registra cerca de 23 mil estações sob responsabilidade de diferentes entidades, sendo a ANA a gerente direta de 4.841 estações. Destas, 2.024 são postos fluviométricos, que monitoram diversos rios do país. Deste universo, em 1.485 estações há medição de vazão (descarga líquida), 1.542 registram dados de qualidade da água, e em 463 há monitoramento de sedimentos em suspensão (descarga sólida) (ANA, 2023).

3.2.5 Planos de Recursos Hídricos

Os Planos de Recursos Hídricos são o instrumento responsável por fundamentar e orientar a Política Nacional de Recursos Hídricos, e podem ser elaborados em escala nacional, estadual, ou de bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). Quando desenvolvidos para uma bacia hidrográfica, os Planos de Recursos Hídricos são comumente conhecidos como Planos de Bacia.

A Lei Federal Nº 9.433/1997 indica que os PRHs devem ser elaborados considerando um horizonte de planejamento de longo prazo, e que entre os conteúdos mínimos a serem abordados estão o diagnóstico dos recursos hídricos, análises envolvendo padrões de uso e ocupação dos solos, balanços qualiquantitativos de demandas hídricas, e propostas

envolvendo a proteção dos recursos hídricos, como a criação de áreas com restrição à ocupação (BRASIL, 1997). Assim, nos Planos de Recursos Hídricos busca-se definir uma agenda para as águas na região de desenvolvimento deste instrumento, identificando ações e investimentos prioritários a serem adotados, bem como programas, projetos, obras e técnicas de gestão.

Normalmente, os PRHs são formulados para horizontes de planejamento entre dez a vinte anos, com revisões periódicas previstas. Esta organização baseia-se na tentativa de estabelecer um ciclo, que se inicia com o planejamento da bacia hidrográfica, é conduzido no sentido da tomada de ações, e, por fim, culmina com o aperfeiçoamento da gestão empregada, pois revisita as decisões inicialmente formuladas e delas absorve o aprendizado necessário para reiniciar o ciclo de forma mais produtiva (ANA, 2020).

As principais diretrizes para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos partem da construção de cenários, que se baseiam não apenas em um horizonte de planejamento previsto, mas principalmente nas perspectivas de desenvolvimento da região de abrangência do estudo. Ainda, cabe ressaltar a importância da etapa de diagnóstico, pois é através desta que se torna possível a cenarização para diversos aspectos que compreendem a bacia hidrográfica. Assim, esta construção de cenários acaba por ultrapassar os assuntos que envolvem apenas a política de recursos hídricos, e passam a depender e a influenciar as demais agendas presentes na bacia hidrográfica.

Por isso, na gestão integrada das águas é necessário estabelecer uma interdependência de políticas setoriais, articulando e aproximando áreas do conhecimento que se adequem às diversidades físicas, bióticas, demográficas, culturais e socioeconômicas da bacia hidrográfica (ANA, 2020). Um dos grandes desafios da formulação dos PRHs é a articulação de todas as características supracitadas (Figura 3), sem dissociar os aspectos qualiquantitativos do gerenciamento de recursos hídricos, atendendo aos usos múltiplos da água em suas mais variadas formas de demanda.



Figura 3. Esquema representativo da gestão integrada de recursos hídricos e suas interrelações e interações.

Fonte: adaptado de ANA (2020).

Segundo ANA (2020), para se atingir efetivamente a gestão integrada das águas a qual pressupõe a PNRH, também é preciso estabelecer uma interdependência dos Planos de Recursos Hídricos com as demais políticas setoriais estabelecidas em sua região de aplicação. Assim, espera-se que este instrumento esteja articulado com demais planos setoriais, regionais, estaduais e nacionais, assim como os de gestão do uso do solo. Além disso, o PRH também deve estar integrado à gestão ambiental, e, quando couber, às práticas de gerenciamento adotadas nos sistemas estuarinos e de zonas costeiras.

Esta inter-relação do Plano de Recursos Hídricos com as políticas supracitadas, bem como a correlação entre os temas abordados nestes diferentes estudos, reforça a importância da abordagem de assuntos relacionados ao uso e ocupação do solo, erosão e processos hidrossedimentológicos nos PRHs. Como os Planos de Recursos Hídricos se constituem de guias de intervenções necessárias em suas respectivas áreas de estudo, uma abordagem completa e integrada dos temas acima mencionados reforça a importância dos dados e informações geradas neste estudo na aplicação em demais políticas setoriais.

A escala territorial de elaboração de um Plano de Recursos Hídricos pode abranger uma bacia hidrográfica, uma unidade federativa ou mesmo o país inteiro. O PRH de cada um destes territórios envolve diferentes conteúdos e abordagens, bem como as instituições responsáveis por sua elaboração e aprovação são distintas.

Em relação à competência e responsabilidade de elaboração, no caso de um PRH em escala nacional, a concepção é coordenada pela Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional (com apoio da Agência Nacional de

Águas e Saneamento Básico), e a aprovação se dá no Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Em escala estadual, os órgãos gestores estaduais de recursos hídricos são os responsáveis pela elaboração, e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos pela aprovação. Já na escala de bacia hidrográfica, a produção do Plano pode ser de responsabilidade de órgão gestor competente ou das Agência de Água (ou entidades delegatárias), sendo a aprovação realizada pelos Comitês de Bacia Hidrográfica.

Embora cada esfera ocupe um papel específico na gestão de recursos hídricos, há uma inter-relação entre os Planos elaborados em escala nacional, estadual e de bacia hidrográfica. A articulação e a integração entre os PRHs e suas diferentes hierarquias deverão ser efetuadas pelo diálogo entre as entidades do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos: conselhos, comitês de bacia hidrográfica, órgãos gestores e agências de água (ANA, 2020).

3.3 DIVISÕES HIDROGRÁFICAS DO BRASIL E SEUS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Segundo a Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o Brasil é composto por 12 (doze) Macrorregiões Hidrográficas. Este agrupamento é formado por bacias, grupos de bacias ou sub-bacias hidrográficas com características naturais e socioeconômicas similares, e visa a orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos nestes locais. As macrorregiões hidrográficas brasileiras são (CNRH, 2003):

- Amazônica: constituída pela porção brasileira da bacia hidrográfica do Rio Amazonas, pelos rios existentes na Ilha de Marajó, além daqueles situados no Estado do Amapá e que desaguam no oceano Atlântico Norte. Ocupa cerca de 45% do território nacional, abrangendo sete estados, mesmo sua densidade populacional sendo dez vezes inferior à da média nacional;
- Atlântico Leste: constituída pelos rios que desaguam no oceano Atlântico, em seu trecho Leste. A norte e a oeste é limitada pela região hidrográfica do Rio São Francisco, e ao sul pela dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus. Ocupa cerca de 3,9% do território brasileiro, abrangendo quatro estados, possuindo a segunda menor disponibilidade hídrica entre as macrorregiões hidrográficas do Brasil;

- Atlântico Sudeste: constituída pelos rios que desaguam no oceano Atlântico, em seu trecho Sudeste. A norte é delimitada pela região hidrográfica do Rio Doce, a oeste pela do Rio São Francisco e Paraná, e a sul pela bacia hidrográfica do Rio Ribeira. Ocupa apenas 2,5% do território nacional, abrangendo cinco estados, sendo a macrorregião mais povoada – com densidades demográficas seis vezes maiores do que a média brasileira;
- Atlântico Nordeste Ocidental: constituída pelas bacias hidrográficas que desaguam no oceano Atlântico, em seu trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região do Rio Tocantins-Araguaia, e a leste pelo Rio Parnaíba. Ocupa cerca de 3% do território brasileiro, abrangendo dois estados, e o uso da água nela é predominantemente para abastecimento humano.
- Atlântico Nordeste Oriental: constituída pelos rios que desaguam no oceano Atlântico, em seu trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Rio Parnaíba, e ao sul pelo Rio São Francisco. Ocupa aproximadamente 3,4% do território nacional, abrangendo seis estados, onde quase sua totalidade se localiza no Semiárido brasileiro.
- Tocantins-Araguaia: é constituída pela bacia hidrográfica do Rio Tocantins até a sua foz no oceano Atlântico. Apesar disso, corresponde a cerca de 10,8% do território brasileiro, abrangendo seis estados onde estão presentes dois biomas: Floresta Amazônica e Cerrado.
- Parnaíba: é constituída pela bacia hidrográfica do Rio Parnaíba. Ocupa cerca de 3,9% do território nacional, abrangendo três estados e o uso da água nela é predominantemente para irrigação.
- São Francisco: é constituída pela bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Ocupa cerca de 7,5% do território brasileiro, abrangendo sete estados, com precipitação média anual abaixo da média nacional e, ainda assim, representa um importante papel na geração de energia para o nordeste do país;
- Atlântico Sul: constituída pelos rios que desaguam no oceano Atlântico, em seu trecho Sul. A norte é limitada pelas bacias hidrográficas dos rios Ipiranguinha, Iriquia-Mirim, Candapuí, Serra Negra, Tabagaça e Cachoeira, a oeste pela região hidrográfica dos rios Paraná e Uruguai, e a sul pelo Rio

Uruguai. Ocupa apenas 2,2% do território nacional, abrangendo quatro estados e abrigando expressivo contingente populacional, com densidade demográfica cerca de três vezes superior à média brasileira.

- Paraguai: é constituída pela parcela brasileira da bacia hidrográfica do Rio Paraguai. Ocupa 4,3% do território brasileiro, abrangendo dois estados e englobando a maior parte do Pantanal-matogrossense;
- Paraná: é constituída pela parcela brasileira da bacia hidrográfica do Rio Paraná. Ocupa cerca de 10% do território nacional, abrangendo sete estados, e é a região mais populosa e de maior desenvolvimento econômico do país;
- Uruguai: é constituída pela parcela brasileira da bacia hidrográfica do Rio Uruguai, limitada a norte pela região hidrográfica do Rio Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai. Ocupa cerca de 3% do território nacional, abrangendo dois estados, sendo caracterizada por possuir atividades agroindustriais amplamente desenvolvidas e grande potencial hidrelétrico.

A Figura 4 apresenta a espacialização das doze Macrorregiões Hidrográficas supracitadas, bem como as capitais dos estados brasileiros.



Figura 4. Macrorregiões Hidrográficas brasileiras e suas delimitações.

Fonte: adaptado de IBGE (2021) e ANA (2013).

Considerando uma escala territorial nacional, o documento orientador da Política Nacional de Recursos Hídricos e da atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Ele é o instrumento estratégico responsável para coordenar as ações nas três escalas da gestão de recursos hídricos: nível federal, dos Estados e Distrito Federal, e das bacias hidrográficas.

Em 22 de março de 2022, o CNRH aprovou o novo Plano Nacional de Recursos Hídricos para o período de 2022 a 2040. A elaboração do documento, que teve início no ano de 2019, contou com diversas reuniões técnicas, seminários nacionais, consultas on-line e também a realização de 22 (vinte e duas) oficinas de trabalho e discussão. O PNRH 2022-2040 é composto por dois volumes e um anexo normativo. O Volume I é o Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos 2021 – que apresenta o Diagnóstico e Prognóstico sobre este tema, e o Volume II é o Plano de Ação – onde constam estratégias para o gerenciamento das águas no país (BRASIL, 2022).

O documento aprovado contempla ações e metas para horizontes temporais de curto (2026), médio (2030) e longo prazo (2040). Para isso, o Plano de Ação do PNRH 2022-2040 é composto por cinco grandes Programas, que contemplam: I) fortalecimento do SINGREH; II) implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos; III) gestão da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos; IV) integração da PNRH com políticas e planos setoriais; e V) gerenciamento do Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2022).

Se observado a partir de uma escala estadual, das 27 (vinte e sete) Unidades Federativas brasileiras, 26 (vinte e seis) possuem Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) já elaborado – ou em revisão. A Figura 5 ilustra a espacialização da informação supracitada, tendo por base a situação observada para o ano de 2021 (ANA, 2021b).

É possível observar que apenas o Estado do Amapá ainda não possui seu PERH concluído, cabendo ressaltar que a elaboração deste já se encontra em andamento. Em outros quatro estados (Bahia, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte), o Plano encontra-se em revisão. Para os demais 25 (vinte e cinco), o Plano Estadual de Recursos Hídricos é um instrumento já concebido, tendo sido revisado em apenas quatro unidades federativas: Ceará, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul e São Paulo.



Figura 5. Situação dos Planos Estaduais de Recursos Hídricos nas unidades federativas.

Fonte: adaptado de ANA (2021b).

Quando analisado a elaboração de Planos de Recursos Hídricos em escala territorial de bacia hidrográfica, ANA (2021c) fornece dados acerca deste instrumento de gestão para bacias interestaduais brasileiras. A Figura 6 apresenta a espacialização desta informação, baseada em dados disponíveis para o ano de 2021, sobreposta às macrorregiões hidrográficas brasileiras.

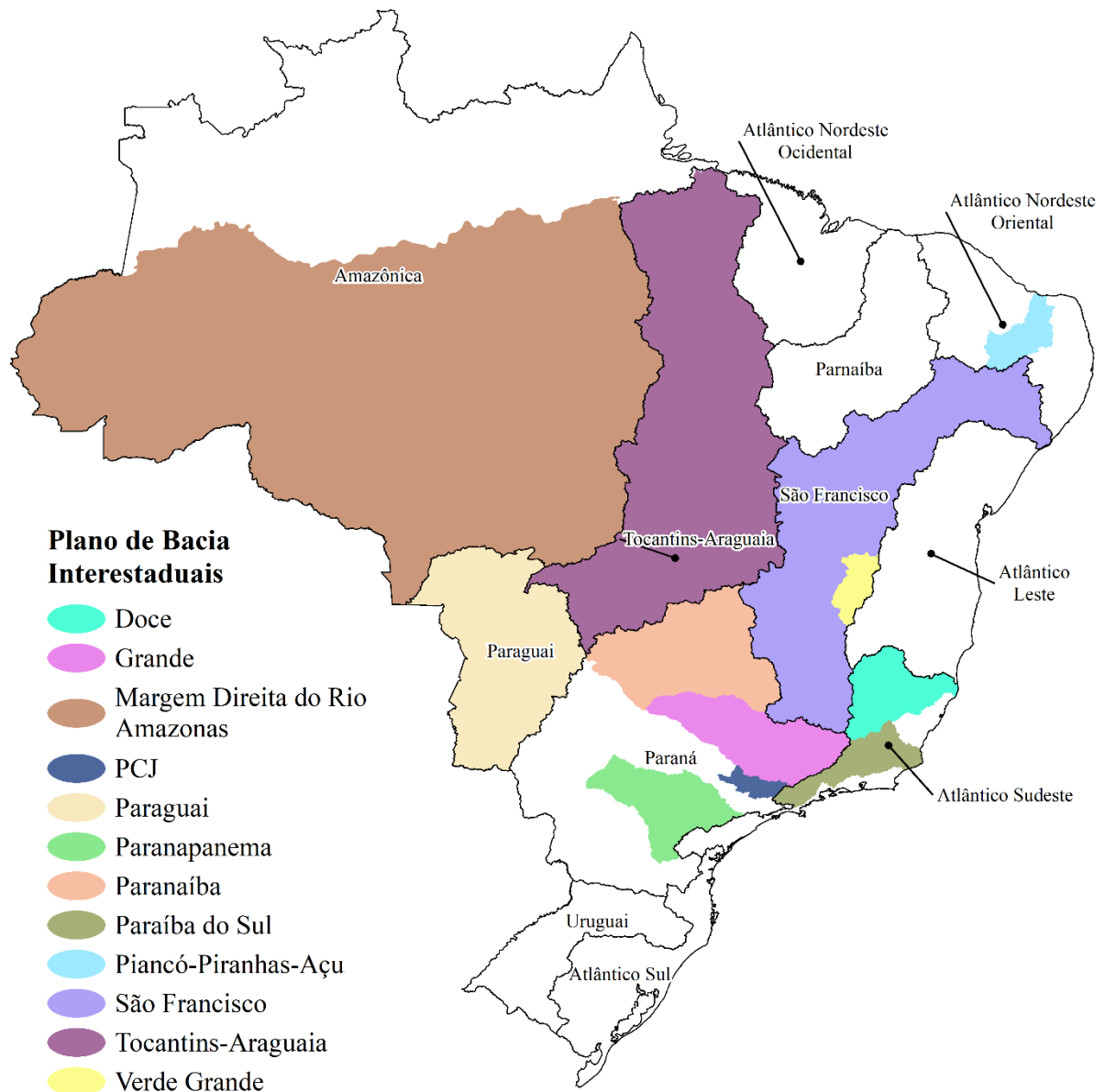


Figura 6. Situação dos Planos de Bacias Interestaduais para as macrorregiões hidrográficas.

Fonte: adaptado de ANA (2021c) e IBGE (2021).

Ao todo, 12 (doze) Planos de Recursos Hídricos para bacias interestaduais já se encontram elaborados no país, sendo eles nas bacias: Margem Direita do Rio Amazonas (MT, RO, AC, AM e PA), Rio Doce (MG e ES), Rio Grande (SP e MG), Rio Paraguai (MT e MS), Rio Paraíba do Sul (SP e RJ), Rio Paranaíba (MG, GO, DF e MS), Rio Paranapanema (PR e SP), Rio São Francisco (MG, BA, GO, DF, SE, AL e PE), Rio Tocantins-Araguaia (GO, MT, DF, TO, PA e MA), Rio Verde Grande (MG e BA), Rio Piancó-Piranhas-Açu (PB e RN), e Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCJ (SP e MG).

Considerando as macrorregiões brasileiras, a região do Paraná é a que possui mais bacias hidrográficas interestaduais com Planos de Recursos Hídricos elaborados, totalizando quatro áreas de contribuição já estudadas. Por sua vez, as macrorregiões São Francisco e Atlântico Sudeste possuem dois PRHs interestaduais elaborados, em cada uma de duas áreas de abrangência; as macrorregiões Atlântico Nordeste Oriental, Tocantins-Araguaia, Amazônica e Paraguai possuem um Plano de Recursos Hídricos interestadual desenvolvido em cada. Por sua vez, as regiões Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Leste, Atlântico Sul, Parnaíba e Uruguai não possuem nenhum PRH interestadual elaborado em seus limites.

3.4 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO RIO GRANDE DO SUL

Antes mesmo do estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos, em 1997, o Estado do Rio Grande do Sul instituiu, através da Lei Nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH). Entre os objetivos fixados pela Política Estadual de Recursos Hídricos estão o de assegurar prioritariamente o abastecimento humano, e o de combater os efeitos causados por enchentes e estiagens, bem como aqueles ocasionados pela erosão do solo (RIO GRANDE DO SUL, 1994a).

A Política de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul também adota como princípio o fato de que a água é um recurso natural de disponibilidade limitada e dotado de valor econômico (RIO GRANDE DO SUL, 1994a). Posteriormente esta definição também veio a aparecer na Lei das Águas, promulgada em 1997. Na PERH os recursos hídricos são considerados na totalidade do ciclo hidrológico, compreendendo suas fases aérea, superficial e subterrânea, tendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão (RIO GRANDE DO SUL, 1994a) – definição que também veio a ser considerada na LF Nº 9.433/1997. Assim, um dos principais objetivos fixados pela Política Estadual de Recursos Hídricos é o de promover a harmonia entre os múltiplos e competitivos usos da água, considerando sua limitada e aleatória disponibilidade temporal e espacial.

Em suas diretrizes, a PERH descentraliza a ação do Estado por regiões e bacias hidrográficas e fixa a criação dos Comitês de Gerenciamento de Bacias, além de propor a integração do gerenciamento de recursos hídricos com o gerenciamento ambiental, através da elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental. A articulação do SERH com o SNRH também se encontra destacada, bem como a demais atividades afins à gestão de recursos hídricos, como planejamento territorial, agricultura, saneamento básico e geração de energia (RIO GRANDE DO SUL, 1994a).

Acerca da constituição dos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, a PERH fixa que cada CBH será constituído por: I) representantes dos usuários da água (40% dos votos); II) representantes da população da bacia (40% dos votos); e III) representantes dos diversos órgãos da administração direta – federal e estadual (20% dos votos). O peso dado à estrutura formada pelos usuários da água na bacia deve refletir os usos que movimentam a economia da bacia hidrográfica, bem como seu impacto sobre os cursos d'água. Ainda, não é permitida a participação como representantes dos órgãos da administração direta aqueles que possuem competências relacionadas à outorga de recursos hídricos, ou mesmo responsáveis pelo licenciamento de atividades potencialmente poluidoras (RIO GRANDE DO SUL, 1994a).

A Figura 7 ilustra os atores que compõem a matriz institucional do Sistema de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul. O Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS), o órgão de integração do SERH, encontra-se inserido na estrutura da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura, que tem, entre suas competências, a de coordenar a PERH em conformidade com o Plano Estadual de Recursos Hídricos, bem como com os planos específicos das bacias hidrográficas do Estado (RIO GRANDE DO SUL, 2019).

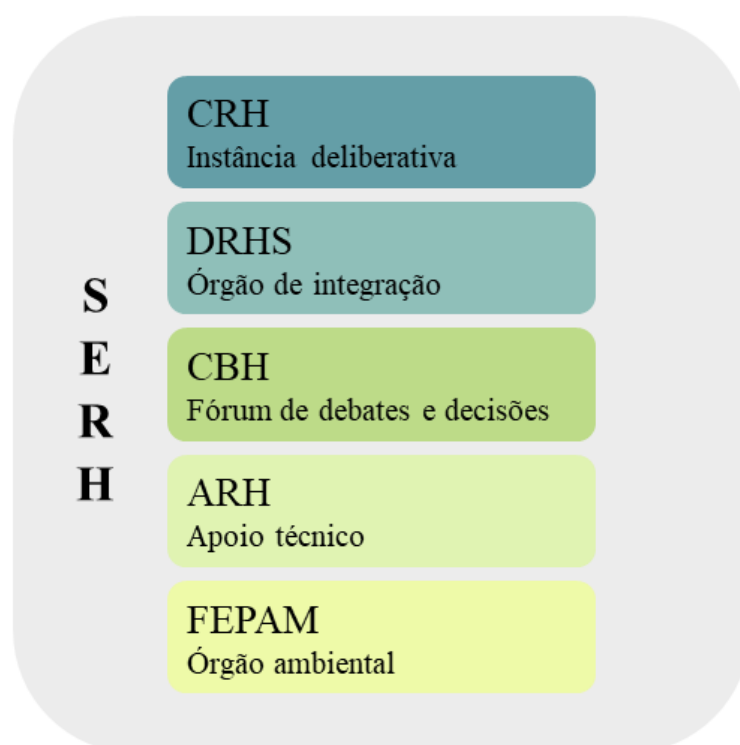


Figura 7. Atores do Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul.

Fonte: própria da autora.

Ainda, a Política Estadual de Recursos Hídricos fixa em seu Artigo 38 a divisão do Estado do Rio Grande do Sul, para fins de gestão dos recursos hídricos. É estabelecido que o território fica segmentado em três Regiões Hidrográficas (RIO GRANDE DO SUL, 1994a): I) Bacia do Rio Uruguai, que compreende a área de drenagem do Rio Uruguai e Rio Negro; II) Bacia do Guaíba, que engloba as áreas de drenagem do Lago; e III) Bacias Litorâneas, que compreendem as áreas de drenagem dos corpos d'água não incluídos nas regiões I) e II).

Também segundo a PERH, a subdivisão destas Regiões para fins de estabelecimento das bacias hidrográficas onde serão instituídos os Comitês de Gerenciamento é estabelecida por determinação do Governador do Estado (RIO GRANDE DO SUL, 1994a). Assim, foi através do Decreto N° 53.885, de janeiro de 2018, que o Estado do Rio Grande do Sul instituiu a compartimentação das três Regiões Hidrográficas em 25 (vinte e cinco) Bacias Hidrográficas, ilustradas pela Figura 8.

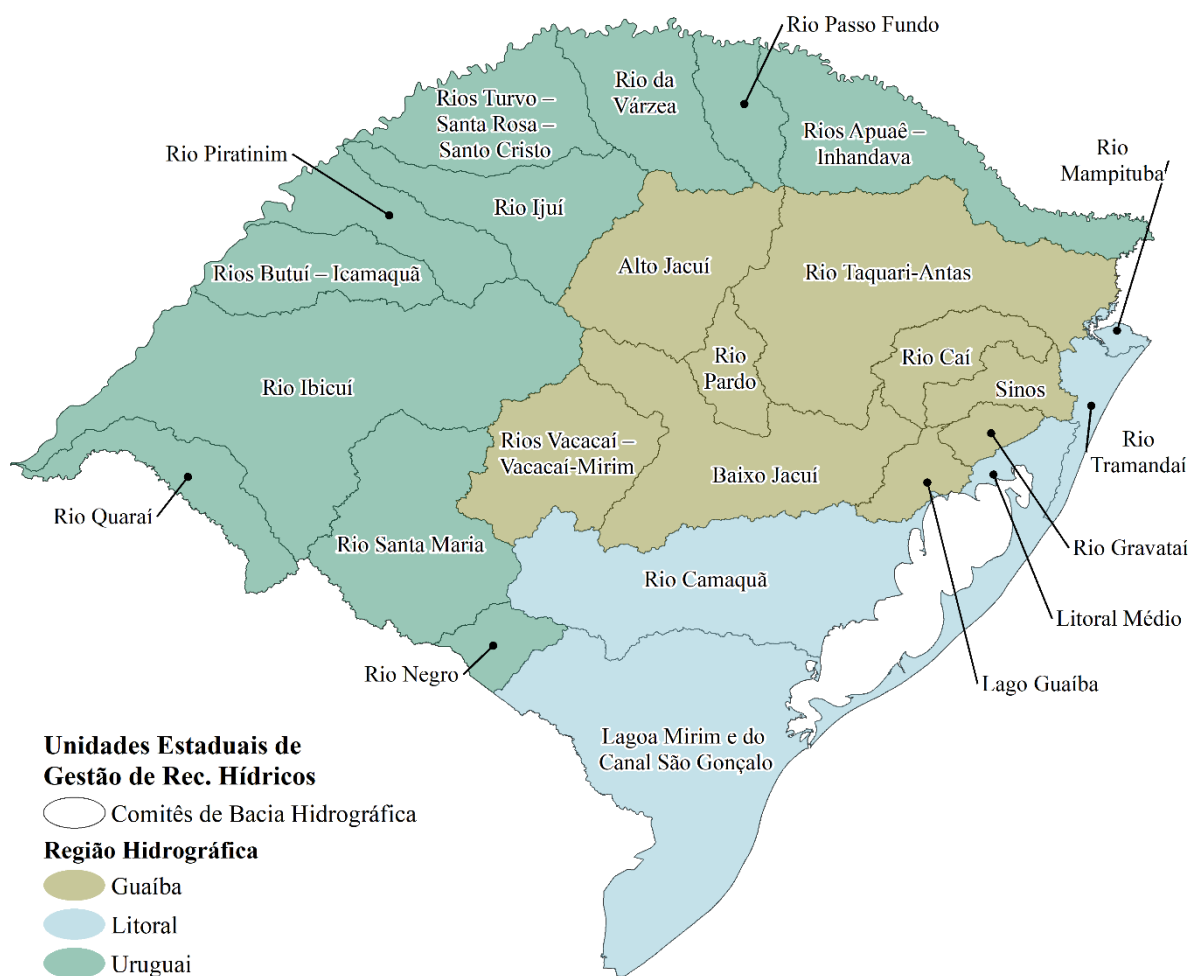


Figura 8. Unidades para Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: adaptado de RIO GRANDE DO SUL (2018) e SEMA (2022).

Um dos instrumentos de gestão previstos na Lei Estadual Nº 10.350/1994, e posteriormente também na Lei das Águas, de 1997, é o Plano Estadual de Recursos Hídricos (RIO GRANDE DO SUL, 1994a; BRASIL, 1997). Ele visa orientar a implementação da política de recursos hídricos e o gerenciamento das águas no âmbito estadual, definindo objetivos a serem alcançados, princípios e diretrizes a serem seguidas. Mesmo previsto na legislação de 1994, o 1º Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul teve sua elaboração iniciada apenas em 2006, sendo instituído por fim em 2014, através de Resolução do Conselho de Recursos Hídricos Nº 141 (CRH, 2014). Atualmente, o PERH/RS encontra-se em processo de atualização, sendo esta desenvolvida pelo Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS). Espera-se que a Minuta do Projeto de Lei que oficializará a revisão do Plano seja publicada no primeiro semestre do ano de 2023.

Um dos princípios estabelecidos pela PERH é o que os diversos usos dos recursos hídricos serão cobrados, com a finalidade de gerar fundos para financiar a realização de intervenções necessárias à utilização e proteção dos cursos d'água, bem como incentivar o uso racional e correto da água (RIO GRANDE DO SUL, 1994a). Entretanto, mesmo passadas mais de duas décadas da instituição da Lei Nº 10.350, nenhuma das 25 (vinte e cinco) Unidades Estaduais de Gestão de Recursos Hídricos possui o instrumento da cobrança aplicado – que posterior à Política de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, também veio a ser instaurado pela LF Nº 9.433, de janeiro de 1997.

Além disso, nas diretrizes da PERH está fixado o compromisso de fornecer apoio técnico por parte do Estado, através da criação de Agências de Região Hidrográfica. Estas, por sua vez, devem ser encarregadas de subsidiar – com alternativas bem definidas do ponto de vista técnico, econômico e ambiental – os Comitês de Bacia Hidrográfica da região em que se inserem (RIO GRANDE DO SUL, 1994a). Assim como o instrumento de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, a criação e instauração destas Agências ainda não foi efetivada em nenhuma das Unidades Estaduais de Gestão de Recursos Hídricos.

É através da Lei Estadual Nº 10.350/1994 que o Rio Grande do Sul se efetiva como um dos Estados pioneiros na instituição de um sistema de gestão de recursos hídricos, sendo ele descentralizado e participativo, com os Comitês de Bacia Hidrográfica desempenhando um papel central na organização proposta (FOLETO, 2005). Mesmo anteriormente ao estabelecimento do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, o Rio Grande do Sul já contava com a presença de três CBHs, sendo eles o Comitê do Rio dos Sinos – criado em 1988 (RIO

GRANDE DO SUL, 1988), o Comitê do Rio Gravataí, criado em 1989 (RIO GRANDE DO SUL, 1989), e o Comitê do Rio Santa Maria – criado em 1994 (RIO GRANDE DO SUL, 1994b).

Assim, a grande inovação que a Política Estadual de Recursos Hídricos trouxe foi a de se considerar a necessidade dos usos múltiplos das águas, e da descentralização e participação ativa da sociedade na gestão de recursos hídricos (FOLETO, 2005), ambos conceitos que posteriormente foram adotados também na instituição da Lei das Águas, em 1997.

3.5 ESTUDOS SOBRE SEDIMENTOS

Os processos observados no ciclo da água influenciam nos processos do ciclo dos sedimentos. Este último engloba as etapas de desagregação, transporte e deposição de partículas sólidas ao longo de toda a bacia hidrográfica – todos processos naturais, que se desenvolvem de montante para jusante, e são responsáveis pela formação da paisagem natural do planeta (JULIEN, 1998). Os principais fenômenos hidrológicos que influenciam a erosão do solo e o transporte de sedimentos são a precipitação e o escoamento superficial.

Bordas & Semmelmann (2009) definem que a erosão é representada por um processo de destacamento das partículas da superfície do solo e/ou das margens e leito de canais de drenagem que estão sob a ação do escoamento superficial. Em relação a erosão nos solos, há nove agentes ativos conhecidos que provocam este fenômeno, sendo a erosão hídrica uma delas; esta subdivide-se em: i) erosão fluvial; ii) erosão hídrica superficial; iii) erosão por remoção de massa; e iv) erosão devido a eventos extremos (CARVALHO, 2008). O processo de deposição de sedimentos é entendido como a parada total de movimento das partículas sólidas (BORDAS & SEMMELMANN, 2009).

Áreas mais altas – como as cabeceiras de bacias hidrográficas – tendem a apresentar predominância de processos erosivos, e áreas mais baixas – como vales, estuários e foz de cursos d'água – costumam ser caracterizadas pelo domínio de processos de deposição de sedimentos (VANONI, 1997). A Figura 9 ilustra de forma resumida a atuação dos processos supracitados em uma bacia hidrográfica hipotética.

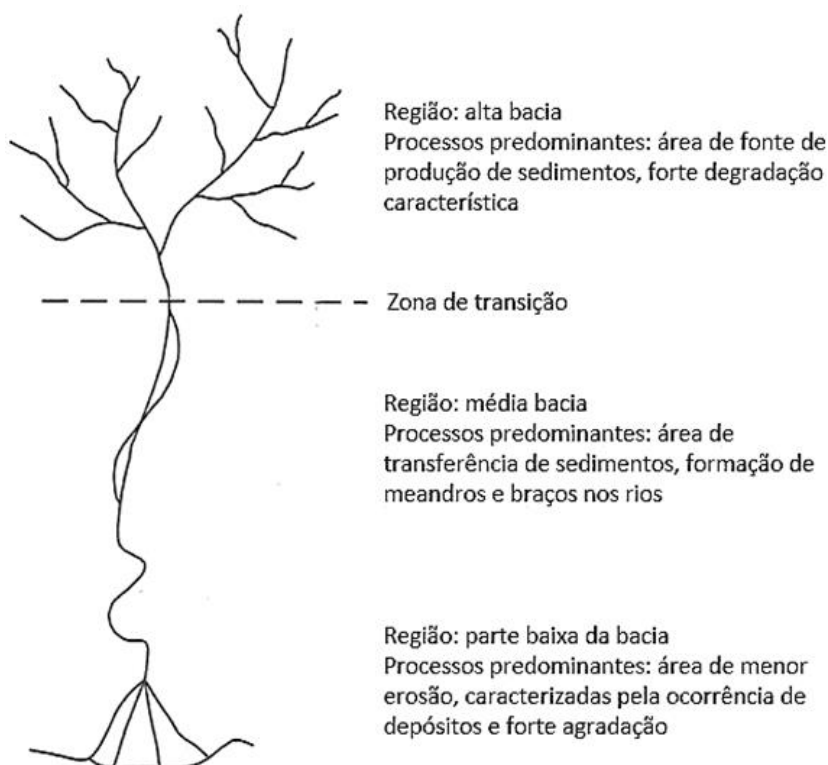


Figura 9. Processos hidrossedimentológicos e sua ocorrência em bacias hidrográficas.

Fonte: adaptado de CARVALHO (2008).

Alguns dos principais fatores que influenciam a erosão em bacias hidrográficas referem-se ao clima, vegetação, relevo, e uso e ocupação do solo (PIMENTEL et al., 1995). Sobre o clima, o principal fator relevante em termos de processos erosivos são as precipitações – tanto em relação a sua intensidade, quanto a distribuição espacial e temporal. Em relação a pedologia, características como textura, permeabilidade e textura dos solos tendem a representar fatores decisivos quanto a sua suscetibilidade à erosão. Sobre o relevo, áreas de maior declividade costumam apresentar taxas de erosão mais elevadas – quando comparadas a regiões de médio à baixo declive.

Por fim, acerca do uso e ocupação do solo, regiões completamente cobertas por vegetação caracterizam-se por possuírem melhores condições de absorver o impacto gerado por gotas de chuva e, conseqüentemente, resistir ao destacamento das partículas (erosão) (LEPSCH, 2010). A partir destas informações, fica claro a importância da proteção do solo exposto e do uso de práticas conservacionistas de manejo do mesmo, principalmente em áreas rurais, visando a preservação e conservação de sua qualidade, assim como a diminuição de sua parcela erodida.

3.5.1 Modelos hidrossedimentológicos

Graças ao avanço tecnológico observado principalmente ao longo das últimas décadas, e visando melhor entender e representar os fenômenos naturais, torna-se cada vez mais comum a utilização de modelos para representar processos e condições observados na natureza (TUCCI, 2005). Para a área de estudo da hidrossedimentologia não é diferente, visto que cresce com o passar dos anos a utilização de modelos de geração e transporte de sedimentos, principalmente através da aplicação de técnicas de modelagem computacional (MERRIT et al., 2003). Os modelos destinados a simulação de processos hidrossedimentológicos como erosão, transporte e deposição em bacias hidrográficas diferem entre si em níveis de complexidade, escala de análise e necessidade de dados de entrada (BUARQUE, 2015).

O primeiro e mais famoso método desenvolvido com o objetivo de estimar a perda de solos foi a USLE (*Universal Soil Loss Equation*) – Equação Universal de Perda de Solo – elaborada por Wischmeier & Smith (1965). A formulação da equação supracitada é apresentada na Equação 1:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad 1$$

onde A é a perda de solo potencial, calculada por unidade de área ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$); R é a erosividade da chuva, medida a partir da força erosiva da precipitação ($\text{ton} \cdot \text{m} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot (\text{mm} \cdot \text{h}^{-1})$); K é a erodibilidade do solo, que representa a capacidade de um determinado solo sofrer erosão, quando da ocorrência de uma precipitação ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot [(\text{ton} \cdot \text{m} \cdot \text{ha}^{-1}) \cdot (\text{mm} \cdot \text{h}^{-1})]$); L é um fator topográfico que representa o comprimento do declive; S também é um fator topográfico e representa o gradiente de declividades; C é o fator que expressa o uso e manejo da cultura e do solo; e P é o fator que expressa a utilização (ou não) de práticas conservacionistas para controle da erosão.

A USLE difundiu-se rapidamente, muito pela simplicidade da equação apresentada, quanto pelo diminuto número de parâmetros de entrada necessários à sua aplicação. Porém, esta é uma equação empírica desenvolvida para um grupo específico de parcelas experimentais pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e, portanto, apresenta algumas limitações. Uma delas, por exemplo, é o fato de que apenas uma parcela do solo erodido na bacia hidrográfica aporta aos cursos d'água da bacia, sendo representado pela produção de sedimentos (WALLING, 1983). Desta forma, para a estimativa da produção de sedimentos tendo por base a utilização de modelos como a USLE, ainda é necessário a aplicação de uma

taxa de transferência de sedimentos (*Sediment Delivery Ratio – SDR*), de forma a representar a relação de abatimento entre o sedimento efetivamente erodido nas vertentes e a fração que aporta ao exutório da bacia ou ponto de controle.

Considerando as questões acima citados, Williams (1975) propôs a substituição do fator de erosividade da chuva presente na USLE por um fator de taxa de escoamento, dispensando assim a aplicação da Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR) para a estimativa da produção de sedimentos, tendo como base a equação empírica de perda de solos. Surge então a Equação Universal de Perda de Solos Modificada (*Modified Universal Soil Loss Equation – MUSLE*), desenvolvida visando a previsão da produção de sedimentos em eventos individuais, para pequenas áreas de contribuição (WILLIAMS, 1975), e apresentada na Equação 2.

$$S_p = \alpha \cdot (Q_e \cdot q_p)^\beta \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad 2$$

onde S_p é a produção de sedimentos (ton.); α , β são coeficientes ajustados; Q_e é o volume total de escoamento superficial gerado no evento (m^3); q_p é a vazão de pico do evento ($m^3 \cdot s^{-1}$); e K , L , S , C , P são os mesmos parâmetros utilizados na USLE.

Mesmo com o aumento da eficiência devido às modificações realizadas no modelo original de estimativa de perda de solos, por se tratar de formulações empíricas ajustadas a partir de dados observados, indicadas para aplicação em bacias hidrográficas da ordem de até 10 km^2 , e por não representar todos os tipos de processos erosivos atuantes em vertentes, mesmo a MUSLE tende a não representar de forma adequada os processos em áreas de contribuição maiores (FAGUNDES, 2018). Assim, além da aplicação em pequenas áreas, o uso da Equação Universal de Perda de Solos Modificada é ideal em locais onde a erosão laminar e em sulcos – processos erosivos bem representados pela referida equação – sejam predominantes. Porém, graças ao avanço dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG), as técnicas disponíveis de modelagem hidrossedimentológica foram aperfeiçoadas, possibilitando simulações com escala de análise mais ampla e utilizando maiores volumes de dados; com isso, ocasiona-se uma representação mais adequada da bacia hidrográfica e dos processos nela atuantes, pois seu uso em grandes áreas é feito a partir da subdivisão desta em regiões menores de aplicação (BUARQUE, 2015).

Os diferentes modelos disponíveis para utilização em simulações de erosão e transporte de sedimentos diferenciam-se principalmente devido às suas distintas complexidades, dos processos internos por eles aplicados e, principalmente, pelos dados

necessários para a entrada e calibração dos resultados (MERRIT et al., 2003). Desta forma, não é possível definir um “modelo ideal” para todas as situações, visto que a escolha da ferramenta a ser utilizada depende não apenas da situação a ser avaliada, mas dos objetivos esperados, das características da área de aplicação e, principalmente, dos dados disponíveis no local.

Segundo Pandey et al. (2016), que apresentou estudo revisando a aplicabilidade de aproximadamente 50 modelos de simulação de erosão dos solos e avaliação de sedimentos frente aos fatores supramencionados, os mais utilizados foram SWAT (*Soil Water Assessment Tool*), WEPP (*Water Erosion Prediction Project*), AGNPS (*Agricultural Non-point Source Model*), ANSWERS (*Areal Non-point Source Watershed Environment Response Simulation*) e SHETRAN (*Systeme Hydrologique European-TRANsport*). Ainda, o estudo conclui que os dados de entrada utilizados para dar suporte a simulação são os principais fatores que afetam a qualidade dos resultados gerados pelo modelo. Além disso, a maioria dos modelos de estimativa de perda do solo e quantificação da produção de sedimentos também são capazes de simular a erosão em encostas, e alguns deles ainda avaliam o assoreamento de reservatórios e até mesmo questões envolvendo erosão ao longo da rede de drenagem (PANDEY et al., 2016).

A importância do estudo da hidrossedimentologia, principalmente em Planos de Recursos Hídricos, reside principalmente nos efeitos da aceleração dos processos erosivos e do aumento da produção de sedimentos em bacias hidrográficas. Segundo FAO (2015), pesquisas indicam que as taxas médias de erosão dos solos variam entre 12 a 15 toneladas por hectare por ano, equivalente a uma perda anual de 0,9 mm de camada de solo. Já Biggelaar et al. (2004), afirma que haverá uma necessidade adicional de 200 milhões de hectares de área cultivada para alimentar a população crescente ao longo dos próximos 30 anos.

Ambas as estimativas supracitadas indicam que uma boa gestão e preservação dos solos contra a degradação é extremamente necessária para atender as necessidades e demandas das futuras gerações, conservando este recurso valioso. Aí reside a importância dos resultados gerados por modelos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas – principalmente no contexto previsto para os Planos de Recursos Hídricos, pois permitem estimar a perda de solos, gerar séries históricas de descarga sólida em cursos d’água, avaliar os impactos gerados por modificações no uso do solo, identificar locais suscetíveis a processos de erosão ou assoreamento, entre outros. Estas informações possibilitam uma gestão adequada e sistemática dos recursos hídricos, sem dissociar os aspectos quali-quantitativos deste bem, conforme preconiza a PNRH.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada no processo de desenvolvimento deste trabalho encontra-se apresentada nos itens a seguir, e ilustrada de forma resumida através do fluxograma da Figura 10. Esta foi subdividida em duas etapas, visando facilitar o entendimento do processo.

4.1 ETAPA 1: OS ESTUDOS DE SEDIMENTOS NOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Nesta primeira etapa, procurou-se entender e avaliar as abordagens aplicadas nos estudos envolvendo a temática hidrossedimentológica em Planos de Recursos Hídricos já executados. Assim, foram selecionados PRHs elaborados em escala de bacia hidrográfica, buscando em todos os documentos desenvolvidos nas fases de execução do Plano aquele(s) que apresenta(m) informações relativas à sedimentologia da área de estudo.

Através da leitura das informações disponíveis nos Planos, a compilação e organização dos dados ocorreu da seguinte forma:

- I. Levantamento do ano de execução do Plano de Bacia;
- II. Etapa do Plano onde o estudo hidrossedimentológico foi realizado;
- III. Metodologia empregada na análise desta temática no PRH;
- IV. Dados necessários para a utilização do método empregado; e
- V. Apresentação de programa ou ação envolvendo sedimentologia no Plano de Ações do PRH.

Previamente à busca de informações nos Planos, procedeu-se com a seleção de uma área de estudo para a aplicação desta primeira etapa da metodologia. O item 4.1.1 aborda a questão supracitada.

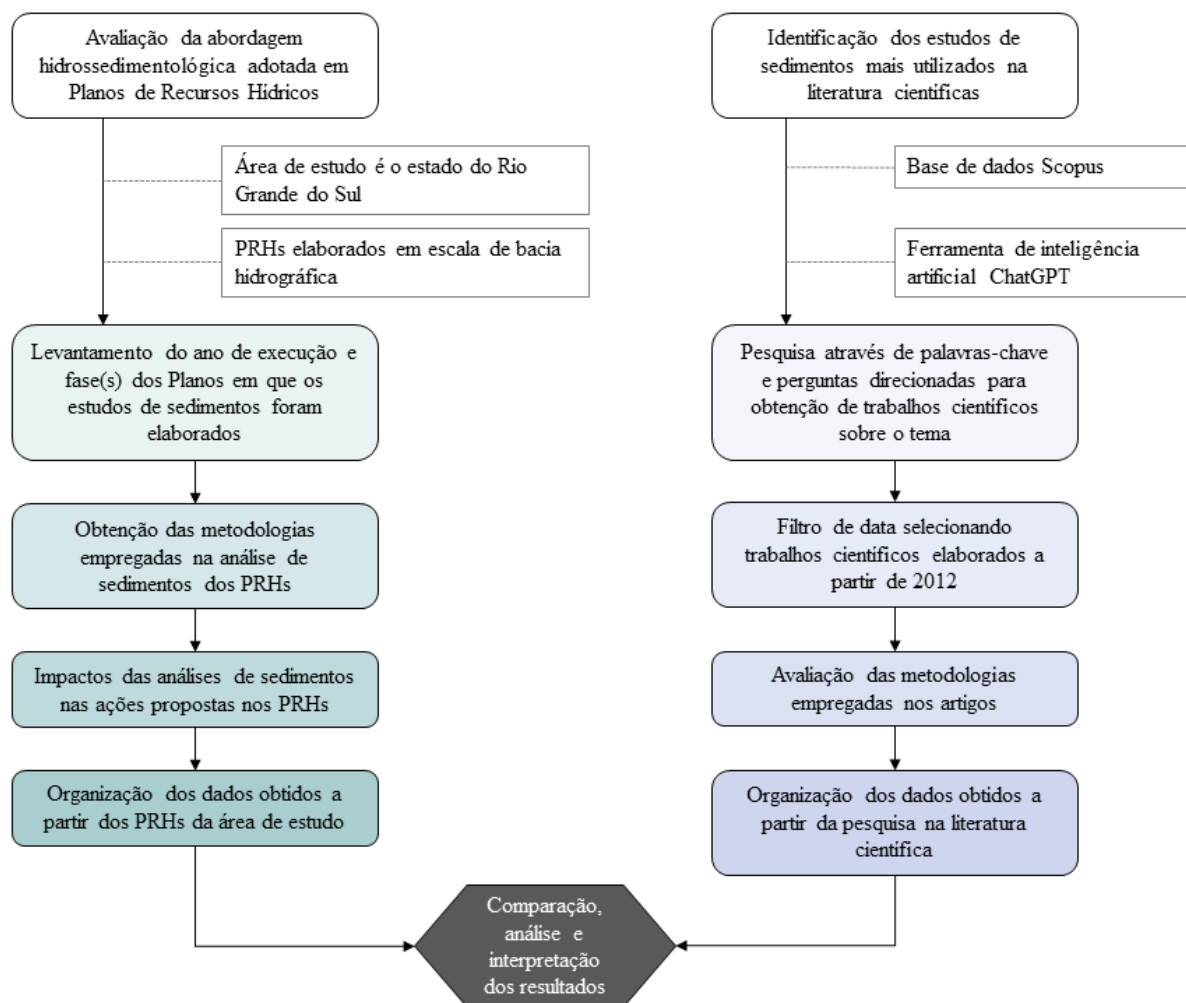


Figura 10. Fluxograma contendo a metodologia adotada nesse estudo.

Fonte: própria da autora.

4.1.1 Área de estudo

A área selecionada para avaliação dos Planos de Recursos Hídricos é o Estado do Rio Grande do Sul. Segundo disposto no Art. 38 da Lei Estadual nº 10.350, de dezembro de 1994, que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (RIO GRANDE DO SUL, 1994), para fins de gestão de recursos hídricos o Estado encontra-se dividido nas Regiões Hidrográficas do Rio Uruguai, Guaíba e Bacias Litorâneas, conforme ilustrado na Figura 11 a seguir.

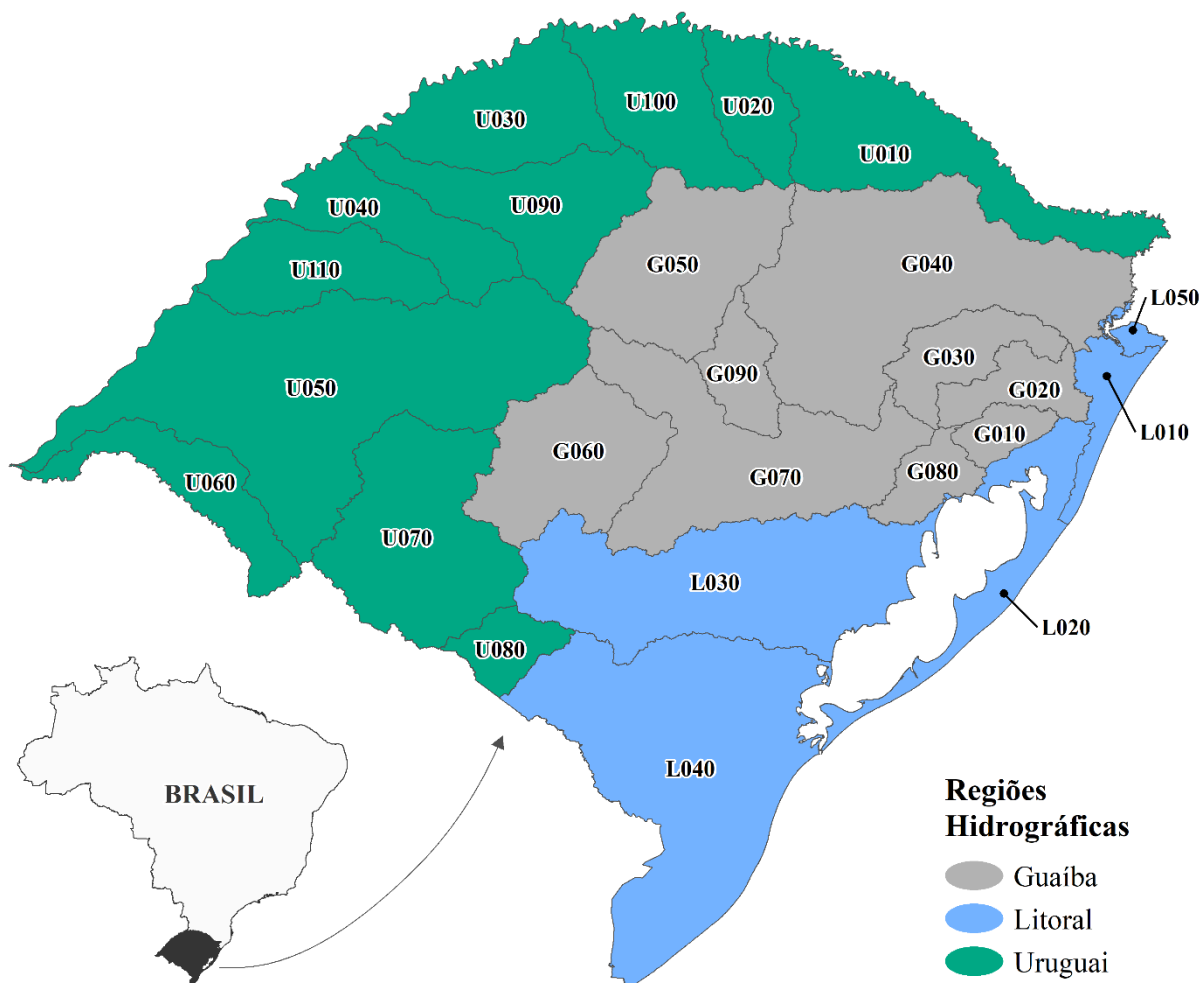


Figura 11. Divisão do Estado do Rio Grande do Sul em regiões hidrográficas.

Fonte: adaptado de SEMA (2018).

Por sua vez, estas três Regiões Hidrográficas encontram-se subdivididas em 25 Bacias Hidrográficas, segundo instituído no Decreto Estadual nº 53.885, de janeiro de 2018 (RIO GRANDE DO SUL, 2018). Alguns detalhes acerca da subdivisão atual do Estado em Bacias Hidrográficas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul: área e população

Região Hidrográfica	Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	População (hab.)
Guaíba	G010 – Rio Gravataí	2.015	1.379.259
	G020 – Rio dos Sinos	3.694	1.447.678
	G030 – Rio Caí	4.983	656.577
	G040 – Rio Taquari-Antas	26.430	1.383.442
	G050 – Alto Jacuí	13.064	385.053

Região Hidrográfica	Bacia Hidrográfica	Área (km²)	População (hab.)
	G060 – Vacacaí-Vacacaí Mirim	11.177	415.094
	G070 – Baixo Jacuí	17.359	365.764
	G080 – Lago Guaíba	2.919	1.344.982
	G090 – Rio Pardo	3.638	232.442
Bacias Litorâneas	L010 – Rio Tramandaí	2.980	261.346
	L020 – Litoral Médio	6.113	81.986
	L030 – Rio Camaquã	21.657	245.646
	L040 – Mirim – São Gonçalo	28.499	770.308
	L050 – Rio Mampituba	709	45.425
Uruguai	U010 – Rios Apuaê – Inhandava	14.508	351.163
	U020 – Rio Passo Fundo	4.859	186.237
	U030 – Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo	10.793	357.511
	U040 – Rio Piratinim	7.656	68.272
	U050 – Rio Ibicuí	35.131	404.728
	U060 – Rio Quaraí	6.659	26.619
	U070 – Rio Santa Maria	15.741	165.506
	U080 – Rio Negro	2.969	123.993
	U090 – Rio Ijuí	10.766	348.203
	U100 – Rio da Várzea	9.479	305.619
	U110 – Butuí – Icamaquã	8.008	70.120

Fonte: adaptado de SEMA (2020a) e SEMA (2020b).

Sendo definida a área de estudo da primeira etapa, procedeu-se a busca pelos Planos de Recursos Hídricos desenvolvidos para todas as bacias hidrográficas citadas anteriormente na Tabela 1. Utilizou-se o sítio eletrônico da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA, 2022) como fonte desta coleta de dados. Procedeu-se a execução de uma cópia de todos os documentos desenvolvidos (em cada uma das etapas de elaboração) dos Planos de Bacia disponíveis para as unidades de gestão de recursos hídricos supracitadas. Ao todo, 180 documentos foram consultados – entre relatórios parciais, finais e síntese.

A Tabela 2 ilustra informações acerca dos Comitês de Bacia Hidrográfica e dos Planos de Recursos Hídricos disponíveis para as bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul. É possível perceber que todas as 25 unidades de gestão possuem CBH instaurado, sendo

o mais antigo deles na bacia G020 (Rio dos Sinos), criado em 1988, e o mais recente na bacia L050 (Rio Mampituba), estabelecido em 2012.

Tabela 2. Relação de Comitês de Bacia e Plano de Recursos Hídricos para o Estado do Rio Grande do Sul.

Região Hidrográfica	Bacia Hidrográfica	Ano de criação do Comitê de Bacia	Status do Plano de Recursos Hídricos
Guaíba	G010 – Rio Gravataí	1989	Elaborado
	G020 – Rio dos Sinos	1988	Elaborado
	G030 – Rio Caí	1998	Elaborado
	G040 – Rio Taquari-Antas	1998	Elaborado
	G050 – Alto Jacuí	2001	Elaborado
	G060 – Vacacaí-Vacacaí Mirim	1999	Em elaboração
	G070 – Baixo Jacuí	2000	Elaborado
	G080 – Lago Guaíba	1998	Elaborado
	G090 – Rio Pardo	1998	Elaborado
Bacias Litorâneas	L010 – Rio Tramandaí	1999	Elaborado
	L020 – Litoral Médio	2008	Não possui
	L030 – Rio Camaquã	1999	Elaborado
	L040 – Mirim – São Gonçalo	2006	Não possui
	L050 – Rio Mampituba	2012	Elaborado
Uruguai	U010 – Rios Apuaê – Inhandava	2002	Elaborado
	U020 – Rio Passo Fundo	2004	Elaborado
	U030 – Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo	2002	Elaborado
	U040 – Rio Piratinim	2006	Não possui
	U050 – Rio Ibicuí	2000	Elaborado
	U060 – Rio Quaraí	2008	Não possui
	U070 – Rio Santa Maria	1994	Elaborado
	U080 – Rio Negro	2008	Não possui
	U090 – Rio Ijuí	2001	Elaborado
	U100 – Rio da Várzea	2004	Não possui
	U110 – Butuí – Icamauã	2006	Não possui

Fonte: própria da autora.

4.2 ETAPA 2: OS ESTUDOS DE SEDIMENTOS NA LITERATURA CIENTÍFICA

Nesta segunda etapa, buscou-se entender como estudos envolvendo a temática hidrossedimentológica em bacias hidrográficas estão sendo abordados em trabalhos científicos, e que poderiam ser adotados nos estudos de Planos de Bacia para gerar dados relevantes para a

gestão de recursos hídricos – tanto por serem modelos gratuitos de aplicação como por possibilitarem a simulação de bacias hidrográficas inteiras. Para isto, foi executado um levantamento das práticas atuais discutidas na literatura, através da pesquisa por artigos, visto que estes trabalhos representam o estado da arte da construção do conhecimento científico. A seleção buscou compreender trabalhos que avaliem técnicas aplicadas em escala de bacia hidrográfica, visando avaliar as diferentes metodologias abordadas.

Foram adotadas duas abordagens de pesquisa de artigos. A primeira mais clássica, baseada em busca através de ferramentas do banco de dados Scopus. A segunda, considerada uma abordagem mais moderna (embora não necessariamente melhor), utilizando uma ferramenta de busca através de inteligência artificial (ChatGPT). A seguir as duas buscas adotadas são detalhadas.

- Banco de dados Scopus

O Scopus é a maior base de dados de resumos e citações de literatura organizada por especialistas e revisada por pares. Ele combina de forma singular um banco de dados abrangente com dados enriquecidos associados à literatura acadêmica e científica, em uma ampla variedade de disciplinas e temáticas (ELSEVIER, 2022).

Ele contém mais de 27.000 títulos ativos, sendo mais de 25.000 destes de revistas ativas com revisão por pares. Além disso, dos seus mais de 84 milhões de registros, cerca de 70% destes foram publicados após o ano de 1995 (ELSEVIER, 2022), incluindo as referências citadas nesse estudo.

A base de dados do Scopus é composta por mais de 7.000 editoras ao redor do mundo, abrangendo as mais diversas áreas do conhecimento, agrupadas em quatro grandes seções – ciências sociais, ciências físicas, ciências da saúde e ciências da vida. Cerca de 27% do total de publicações disponíveis para acesso no banco de dados está contida na área de conhecimento das ciências físicas (ELSEVIER, 2022), o que engloba títulos envolvendo química (*chemistry*), ciências da terra e planetárias (*earth & planetary sciences*), engenharia (*engineering*), energia (*energy*), ciência ambiental (*environmental science*), matemática (*mathematics*), física e astronomia (*physics & astronomy*).

Considerando as informações dispostas, na primeira fase de buscas optou-se por realizar a pesquisa na base de dados científicos supracitada, considerando um limite de, no máximo, dez anos da data da publicação dos trabalhos; desta forma, foram filtrados apenas artigos publicados a partir do ano de 2012. Esta escolha visa representar uma concomitância de

datas com o período de elaboração de grande parte dos Planos de Recursos Hídricos do estado (a maioria executados após o ano de 2012), além de retratar o *status* atual da produção científica referente ao tema. Os idiomas considerados para seleção dos trabalhos a serem analisados foram inglês e português.

Para a busca na base Scopus, solicitou-se através da pesquisa avançada da plataforma que filtrasse artigos com as palavras “*sediment yield modeling*” e “*watershed*” presentes nos Títulos ou nas Palavras-chave dos trabalhos disponíveis no banco de dados. Além dos filtros de data e idioma, foram considerados apenas artigos categorizados pela plataforma Scopus e publicados nas seguintes áreas de conhecimento: *Environmental Science* (Ciências ambientais), *Earth and Planetary Sciences* (Ciências da Terra e Planetárias), *Agricultural and Biological Sciences* (Ciências Agrárias e Biológicas), e *Engineering* (Engenharia).

Considerando todos os filtros de busca supracitados, a pesquisa na base de dados Scopus retornou 243 resultados disponíveis, sendo destes noventa de acesso aberto. Observou-se que, apesar da escolha representativa pelos termos que devem estar contidos nas palavras-chave e/ou título dos trabalhos, a busca avançada na base de dados também retornou alguns trabalhos genéricos, não tão aderentes ao escopo desta pesquisa.

- Ferramenta de Inteligência Artificial ChatGPT

Modelos de linguagem, tais como o *Generative Pre-Training Transformer* (GPT), são sistemas de inteligência artificial (IA) que aprendem a gerar ou processar textos baseados em exemplos de treinamento. Nos últimos anos, estes fizeram avanços significativos em processamento de linguagem natural (*Natural Language Processing* – NLP), pois foram treinados com grandes quantidades de dados – o que os permite responder a perguntas e executar tarefas muito semelhantes à forma humana (KASNECI et al., 2023).

Segundo Kasneci et al. (2023), o uso dos modelos de linguagem na educação indica uma área de interesse em potencial, devido à diversidade de aplicações que pode oferecer, especialmente quando considerados os recentes avanços nestes modelos– como por exemplo o ChatGPT. Para aplicação acadêmica, modelos de linguagem podem auxiliar no desenvolvimento de habilidades de pesquisa; por exemplo: proporcionando informações e recursos acerca de um tópico específico, apontando aspectos ainda não abordados, ou mesmo indicando pesquisas já em desenvolvimento (KASNECI et al., 2023).

Algumas pesquisas envolvendo o uso de modelos de linguagem na educação foram publicadas desde o lançamento das primeiras ferramentas, em 2018. Em vista disso, Kasneci et

al. (2023) entendem que é crucial abordar o uso destes modelos com cautela, avaliando de forma crítica suas limitações e seus possíveis vieses. Isto deve ser executado em conjunto a um monitoramento humano contínuo sobre os resultados fornecidos por tais ferramentas, e estes devem ser considerados com cautela, pois podem inibir uma busca mais completa por informações, a partir do momento em que os questionamentos são facilmente respondidos pelo sistema. Os aspectos acima mencionados o que indicam a necessidade de mais pesquisas que explorem tais técnicas, de forma a mitigar possíveis riscos associados à sua utilização.

Desta forma, na segunda fase de buscas, utilizou-se o sistema de inteligência artificial conversacional ChatGPT, ferramenta esta que foi otimizada para o diálogo através da utilização de “Aprendizado por Reforço a partir de Respostas Humanas” (*Reinforcement Learning from Human Feedback* – RLHF). Este método usa demonstrações humanas e comparação de preferências, com o intuito de guiar o modelo de IA em direção ao comportamento desejado pelo usuário (OpenAI, 2022); ou seja, é um modelo de linguagem treinado para produzir respostas baseadas em perguntas feitas pelo usuário.

Modelos de inteligência artificial como o ChatGPT foram treinados em grandes quantidades de dados oriundos de pesquisas na internet escritas por humanos, incluindo diálogos e discussões; logo, a resposta dada pela ferramenta de IA pode soar como àquela fornecida por um ser humano (LUND & WANG, 2023). É importante ter em mente que este é um resultado direto do *design* do sistema utilizado, e que estes modelos podem fornecer resultados imprecisos e até errôneos, em alguns casos (OpenAI, 2022). Quanto maiores forem as semelhanças entre os resultados fornecidos e o conjunto de dados nos quais o modelo está baseado, maior a confiabilidade das informações fornecidas por ele.

O objetivo buscado com a aplicação da ferramenta ChatGPT é o de filtrar os artigos mais relevantes ao presente trabalho que foram encontrados na primeira fase das buscas por estudos de sedimentos na literatura científica – o qual foi realizado utilizando-se o banco de dados Scopus. Para tal, foram elaboradas seis perguntas para o sistema de inteligência artificial, efetuadas através da plataforma virtual da ferramenta (<https://chat.openai.com/chat>).

Os questionamentos efetuados para a ferramenta de IA tem o propósito de selecionar uma gama mais restrita de trabalhos envolvendo a temática hidrossedimentológica, não possibilitados mesmo através dos filtros disponíveis na pesquisa avançada da base de dados científica utilizada na primeira fase das buscas. As perguntas empreendidas ao ChatGPT nesta segunda fase de buscas foram:

- “Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?”
- “Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas de grande escala, publicados a partir do ano de 2012?”
- “Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas com estudos de caso no Brasil, publicados a partir do ano de 2012?”
- “Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos mais bem avaliados sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?”
- “Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos mais relevantes sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?”
- “Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos sobre modelagem de sedimentos utilizando sensoriamento remoto em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?”

As informações obtidas nesta segunda etapa da metodologia foram agrupadas, primeiramente, por plataforma de busca, sendo separados os resultados obtidos com a pesquisa na base de dados Scopus e aquela realizada através da ferramenta ChatGPT. Em seguida, procedeu-se com a leitura dos trabalhos – iniciando pelos resultados da Scopus, que foram organizados em uma planilha de forma decrescente por data de publicação. Partindo dos trabalhos mais recentes, em cada artigo identificou-se a metodologia utilizada, e a ele foi atribuída esta referência, em nova coluna, na respectiva linha da planilha relativa ao título do trabalho. Finalizada a identificação dos artigos levantados na base de dados da Scopus, procedeu-se com o mesmo procedimento para os trabalhos retornados pelo ChatGPT.

5 RESULTADOS

Este item apresenta os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta neste trabalho. No item 5.1, são apresentados os resultados obtidos através da análise dos Planos de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, nos quais avaliou-se qual a metodologia adotada na abordagem hidrossedimentológica identificada nos respectivos estudos. O item 5.2, por sua vez, apresenta as análises obtidas através da avaliação de trabalhos científicos sobre o tema, obtidos através de pesquisa em banco de dados de ampla utilização.

5.1 PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Com a finalização da Etapa 1 da metodologia proposta neste trabalho, os resultados relativos à análise da abordagem hidrossedimentológica adotada nos Planos de Recursos Hídricos disponíveis para a área de estudo são apresentados a seguir. A Figura 12 ilustra a espacialização – para o Estado do Rio Grande do Sul – do *status* de elaboração dos Planos de Bacia.

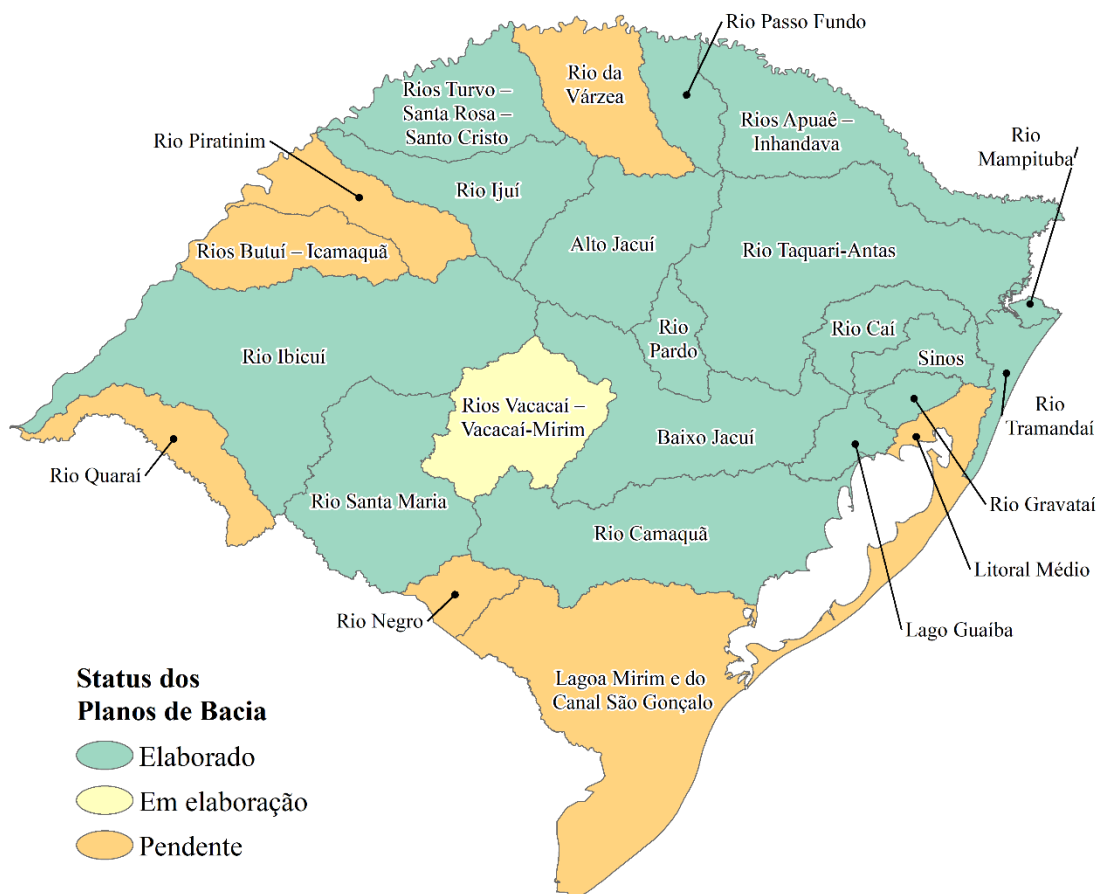


Figura 12. Status atual dos Planos de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul.

Fonte: adaptado de SEMA (2018).

Através da figura acima apresentada, concluiu-se que, das 25 bacias hidrográficas contidas na área de estudo deste trabalho, apenas 17 possuem Plano de Recursos Hídricos já elaborado – 68% do total. Das oito bacias ainda não contempladas com este instrumento de gestão de recursos hídricos: uma localiza-se na região hidrográfica do Guaíba (G060 – Vacacaí e Vacacaí-Mirim) – cujo Plano de Bacia está em fase de elaboração; duas na região do Litoral (L020 – Litoral Médio; L040 – Mirim-São Gonçalo); e cinco na região do Uruguai (U040 – Rio Piratinim; U060 – Rio Quaraí; U080 – Rio Negro; U100 – Rio da Várzea; U110 – Butuí-Icamaquã).

A Tabela 3 apresenta a referência dos Planos de Recursos Hídricos consultados neste trabalho, assim como o quantitativo de arquivos avaliados para cada bacia hidrográfica do estado. Ao todo, foram analisados 180 arquivos, que englobam todas as etapas dos PRHs disponíveis.

Tabela 3. Relação e referência dos Planos de Bacia consultados.

Região Hidrográfica	Bacia Hidrográfica	Arquivos analisados*	Referência**
Guaíba	G010 – Rio Gravataí	9	Processo de Planejamento da Bacia do Rio Gravataí – Plano de Bacia (BOURSCHEID, 2012).
	G020 – Rio dos Sinos	6	Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (PROFILL, 2014).
	G030 – Rio Caí	17	Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Caí (PROFILL, 2015).
	G040 – Rio Taquari-Antas	13	Plano de Bacia do Taquari-Antas (STE, 2012).
	G050 – Alto Jacuí	8	Processo de Planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí (ENGEPLUS, 2012).
	G070 – Baixo Jacuí	13	Planejamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (ENGEPLUS, 2015).
	G080 – Lago Guaíba	14	Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba (ECOPLAN, 2016).
	G090 – Rio Pardo	6	Consolidação do Conhecimento sobre os Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pardo (ECOPLAN, 2006).
Bacias Litorâneas	L010 – Rio Tramandaí	18	Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (STE, 2021).
	L030 – Rio Camaquã	12	Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Camaquã (GAMA, 2016).

Região Hidrográfica	Bacia Hidrográfica	Arquivos analisados*	Referência**
	L050 – Rio Mampituba	3	Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba (DRHS, 2021).
Uruguai	U010 – Rios Apuaê – Inhandava	13	Plano da Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê-Inhandava (MAGNA, 2020).
	U020 – Rio Passo Fundo	9	Processo de Planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo (INFRA-GEO, 2012).
	U030 – Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo	11	Processo de Planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo (ENGEPLUS, 2012).
	U050 – Rio Ibicuí	8	Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí (PROFILL, 2012).
	U070 – Rio Santa Maria	12	Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (PROFILL, 2016).
	U090 – Rio Ijuí	8	Processo de Planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí (PROFILL, 2012).

*Considerando os arquivos disponíveis até abril de 2022 em: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>

**Relativo à publicação do relatório final do PRH ou documento consultado mais recente.

Fonte: própria da autora.

Os resultados obtidos a partir da análise dos Planos, que retornam as metodologias aplicadas para avaliação hidrossedimentológica em cada bacia, serão apresentados por Região Hidrográfica do Rio Grande do Sul – Guaíba, Bacias Litorâneas e Uruguai. Os itens 5.1.1 a 5.1.3 discorrem sobre as informações supracitadas.

5.1.1 Região do Guaíba

A Tabela 4 apresenta um compilado das informações coletadas para os PRHs da região hidrográfica do Guaíba. Esta, que compreende nove bacias, possui oito delas com Planos de Recursos Hídricos já elaborados (a exceção sendo a bacia do Rio Vacacaí e Vacacaí-Mirim, de código G060).

Tabela 4. Resumo da abordagem hidrossedimentológica adotada nos PRHs da região hidrográfica do Guaíba.

Bacia Hidrográfica	Data do estudo	Etapa(s) do Plano	Metodologia(s) aplicada(s) no Plano
G010 – Rio Gravataí	2011	- Obtenção de Informações Complementares - Relatório Final	<ul style="list-style-type: none"> Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento

Bacia Hidrográfica	Data do estudo	Etapa(s) do Plano	Metodologia(s) aplicada(s) no Plano
			<ul style="list-style-type: none"> • Produção de sedimentos: aplicação de Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR), estimada através de 1 campanha de medição de descarga sólida em 3 seções no Rio Gravataí
G020 – Rio dos Sinos	2014	-	Não possui capítulo ou item destinado à avaliação da perda de solos e/ou produção de sedimentos na bacia.
G030 – Rio Caí	2007	- Disponibilidade Hídrica - Relatório Final	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento • Produção de sedimentos: obtenção de valores de descarga sólida a partir de dados de 1 estação fluviométrica/sedimentométrica na bacia
G040 – Rio Taquari-Antas	2011	- Coleta e análise dos dados existentes	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de Solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento • Produção de sedimentos: obtenção de valores de descarga sólida a partir de dados de 1 estação fluviométrica/sedimentométrica na bacia
G050 – Alto Jacuí	2012	- Consolidação do Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento • Produção de sedimentos: obtenção de valores de descarga sólida a partir de dados de 3 estações fluviométricas/sedimentométricas na bacia; e aplicação de Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR) • Reservatórios: aplicação da Curva de Brune para estimativa da eficiência de retenção de sedimentos em 2 reservatórios
G070 – Baixo Jacuí	2015	- Consolidação do Diagnóstico da bacia	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento

Bacia Hidrográfica	Data do estudo	Etapa(s) do Plano	Metodologia(s) aplicada(s) no Plano
		- Plano de Ações	<ul style="list-style-type: none"> Produção de sedimentos: obtenção de valores de descarga sólida a partir de dados de 2 estações fluviométricas/sedimentométricas na bacia; e aplicação de Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR)
G080 – Lago Guaíba	2002 (1ª Fase) - 2016 (2ª Fase)	- Disponibilidades Hídricas (2002) - Consolidação da Base Técnica (2016)	1ª Fase: <ul style="list-style-type: none"> Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento Produção de sedimentos: aplicação de Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR)
G090 – Rio Pardo	2005	-	Não possui capítulo ou item destinado à avaliação da perda de solos e/ou produção de sedimentos na bacia.

Fonte: própria da autora.

Para as oito bacias que possuem o instrumento de gestão disposto, apenas duas não possuem capítulo ou item destinado à abordagem ou da perda de solos, de processos erosivos ou da produção de sedimentos na área em questão; são elas as bacias do Rio dos Sinos (G020) e do Rio Pardo (G090). Os itens a seguir apresentam detalhes acerca da abordagem identificada nos trabalhos, bem como observações assinaladas em relação aos estudos analisados.

- Rio Gravataí

Para estimativa da Taxa de Transferência de Sedimentos, uma campanha de medição de descarga sólida e líquida foi realizada em três diferentes seções ao longo do Rio Gravataí, em um mesmo dia. Estes dados foram então comparados à perda de solos potencial na bacia (obtida através da aplicação da USLE).

Além das metodologias citadas, um levantamento de estudos anteriores sobre erosão e suscetibilidade à processos erosivos na área de contribuição do Rio Gravataí também foi abordado no Plano; nele foram apresentados dados obtidos referentes à sólidos suspensos totais, turbidez e transparência. O PRH do Rio Gravataí sugere que os dados supracitados sejam utilizados em simulações de eventos geradores de sedimentos, e estes sejam comparados com

resultados de campanhas de levantamento em campo. Nenhuma informação deste tipo foi apresentada nas etapas subsequentes do Plano de Bacia.

- Rio Caí

A estação sedimentométrica utilizada para estimativa de descarga sólida na bacia dispunha de série histórica de 19 anos de dados trimestrais de vazão e concentração de sólidos suspensos. Além das metodologias citadas na Tabela 4, na bacia também foi realizado um levantamento e uma caracterização de processos erosivos por meio de investigação em campo. Foram percorridos o curso d'água principal (Rio Caí) e alguns de seus afluentes, e identificadas as principais atividades potencializadoras da erosão na região.

- Rio Taquari-Antas

Além das metodologias citadas na Tabela 4, uma identificação a partir de dados obtidos *in loco* foi realizada na bacia, com o objetivo de indicar áreas problemáticas e usos agravantes aos processos erosivos locais. Cabe também ressaltar que o Plano de Recursos Hídricos cita cinco estações disponíveis na bacia com monitoramento de sedimentos, não sendo apresentada justificativa da razão da escolha de apenas um posto para aquisição e análise da série histórica de dados.

- Alto Jacuí

Estudo considerou três estações sedimentométrica para estimativa de descarga sólida, sendo que uma delas dispunha de 32 anos de série histórica, com medições aproximadamente semestrais, e as outras duas estações possuíam 14 registros de vazão e concentração de sólidos suspensos, distribuídos ao longo de três anos. Um levantamento de estudos regionais já realizados na bacia também foi apresentado, dando ênfase principalmente a informações disponíveis em locais próximos aos principais reservatórios ao longo do Rio Jacuí, destinados à geração de energia hidrelétrica.

Conforme apresentado na Tabela 4, neste PRH uma estimativa da eficiência de retenção de sedimentos foi apresentada para dois reservatórios da bacia (Ernestina e Passo Real). Essa baseou-se em uma metodologia simplificada (ábaco da Curva de Brune), que relaciona a granulometria dos sedimentos, o volume do reservatório e sua vazão líquida afluyente anual – resultando na porcentagem de sedimentos retida pela estrutura.

- Baixo Jacuí

Das duas estações sedimentométricas utilizadas para estimativa de descarga sólida na bacia, uma dispunha de série histórica de 35 anos de dados semestrais de vazão e concentração de sólidos suspensos, e as outras 43 observações, ao longo de 15 anos de registros. Uma busca por estudos já realizados na bacia também foi apresentada, resultando em trabalhos pontuais para pequenas regiões. Um mapeamento de áreas potencialmente afetadas por processos de assoreamento também foi apresentado, sendo executado a partir de imagens de satélite e vistorias de verificação em campo.

- Lago Guaíba

Além das metodologias citadas na Tabela 4, na 1ª Fase do Plano realizou-se a coleta de uma série de amostras de fundo do Lago Guaíba, visando a classificação do sedimento quanto à textura e granulometria. Estas amostras permitiram obter um padrão de zonas deposicionais para o corpo d'água, baseado em porcentagens da curva granulométrica. Na 2ª Fase do PRH, um levantamento de estudo já realizado para a bacia permitiu a elaboração de curvas de isovalores do grau de contaminação (por metais) dos sedimentos de fundo do Lago.

5.1.2 Região das Bacias Litorâneas

A Tabela 5 apresenta um compilado das informações coletadas para os Planos de Recursos Hídricos da região hidrográfica das Bacias Litorâneas. Esta compreende cinco bacias, sendo três delas com PRHs elaborados (a exceção são as bacias do Litoral Médio – código L020 – e Mirim-São Gonçalo – L040).

Tabela 5. Resumo da abordagem hidrossedimentológica adotada nos PRHs da região hidrográfica das Bacias Litorâneas.

Bacia Hidrográfica	Data do estudo	Etapa do Plano	Metodologia(s) aplicada(s) no Plano
L010 – Rio Tramandaí	2005 (1ª Fase) - 2019 (2ª Fase)	- Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas - Diagnóstico Consolidado	1ª Fase: <ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento • Produção de sedimentos: equação generalizada de Roehl para obtenção de coeficiente de produção de sedimentos 2ª Fase: <ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos

Bacia Hidrográfica	Data do estudo	Etapa do Plano	Metodologia(s) aplicada(s) no Plano
			Revisada (RUSLE) associada a ferramentas de geoprocessamento <ul style="list-style-type: none"> • Produção de sedimentos: aplicação de Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR)
L030 – Rio Camaquã	2015	- Diagnóstico da bacia	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento • Produção de sedimentos: obtenção de valores de descarga sólida a partir de dados de 1 estação fluviométrica/sedimentométrica na bacia
L050 – Rio Mampituba	2020	- Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento • Produção de sedimentos: não avalia

Fonte: própria da autora.

As três áreas que possuem Plano de Bacia elaborado avaliam, em algum grau, a ocorrência de processos erosivos, de perda de solos ou a produção de sedimentos em seus estudos. Os itens a seguir apresentam detalhes acerca das abordagens adotadas nos estudos, assim como algumas observações identificadas ao longo da análise dos trabalhos.

- Rio Tramandaí

Na 1ª Fase do Plano, além das metodologias já apresentadas na tabela acima, uma análise detalhada dos tipos de solo da bacia foi elaborada. Ainda, a partir de dados e levantamentos de estudos anteriores para a região, procedeu-se com a caracterização da textura dos sedimentos e do padrão sedimentar de algumas das principais lagoas da área de estudo. A 2ª Fase do PRH limitou-se às abordagens já indicadas na Tabela 5.

- Rio Camaquã

A estação fluviométrica e sedimentométrica utilizada para estimativa de descarga sólida na bacia reunia 59 registros de vazão e concentração de sólidos suspensos, dispostos ao longo de uma série histórica que compreende um período de 36 anos. Esta estação, operada pela CPRM, é o único posto sedimentométrico disponível na bacia, e foi utilizada para a construção da curva-chave de sedimentos no Plano de Bacia.

- Rio Mampituba

Conforme apresenta a Tabela 5, no Plano de Bacia avaliou-se apenas a perda de solos potencial, espacializada para toda a área de estudo. Entretanto, no estudo encontra-se citada a disponibilidade de uma estação fluviométrica e sedimentométrica para a bacia, que possui série histórica de 22 anos contendo 72 amostras de concentração de sólidos suspensos.

Ainda, no PRH avaliou-se a recomendação da Organização Meteorológica Mundial (WMO) relativa à densidade mínima de estações de monitoramento considerando a área de abrangência de seus registros. Concluiu-se que, para a área de estudo, o monitoramento atual é considerado suficiente; entretanto, os dados disponíveis para a estação anteriormente citada não foram avaliados no Plano.

5.1.3 Região do Uruguai

A Tabela 6 apresenta uma seleção de informações coletadas para os Planos de Bacia disponíveis na região hidrográfica do Uruguai. Essa, que compreende 11 bacias, possui seis delas com PRH elaborado. Para cinco bacias, dos rios Piratinim (U040), Quarai (U060), Negro (U080), da Várzea (U100) e Butuí-Icamaquã (U110), este instrumento ainda não se encontra disponível.

Tabela 6. Resumo da abordagem hidrossedimentológica adotada nos PRHs da região hidrográfica do Uruguai.

Bacia Hidrográfica	Data do estudo	Etapa do Plano	Metodologia(s) aplicada(s) no Plano
U010 – Rios Apuaê-Inhandava	2016	- Diagnóstico - Consolidação de Informações	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: não avalia • Produção de sedimentos: não avalia
U020 – Rio Passo Fundo	2012	-	Não possui capítulo ou item destinado à avaliação da perda de solos e/ou produção de sedimentos na bacia.
U030 – Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo	2012	- Consolidação do Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos

Bacia Hidrográfica	Data do estudo	Etapa do Plano	Metodologia(s) aplicada(s) no Plano
			(USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento <ul style="list-style-type: none"> • Produção de sedimentos: obtenção de valores de descarga sólida a partir de dados de 6 estações fluviométricas/sedimentométricas na bacia; e aplicação de Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR)
U050 – Rio Ibicuí	2012	- Consolidação do Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: não avalia • Produção de sedimentos: não avalia
U070 – Rio Santa Maria	2015	- Consolidação do Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: Equação Universal de Perda de Solos (USLE) associada a ferramentas de geoprocessamento • Produção de sedimentos: não avalia
U090 – Rio Ijuí	2012	- Consolidação do Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de solos: não avalia • Produção de sedimentos: não avalia

Fonte: própria da autora.

Para as seis bacias que possuem Plano de Recursos Hídricos, apenas uma não possui capítulo ou item destinado à abordagem da perda de solos, de processos erosivos ou mesmo da produção de sedimentos na área em questão; sendo essa a bacia do Rio Passo Fundo (U020). Desta forma, os itens a seguir apresentam detalhes acerca das metodologias identificadas nos trabalhos, bem como algumas observações apontadas em relação aos estudos analisados.

- Rios Apuaê-Inhandava

Segundo a Tabela 6, apesar de não apresentar nenhuma metodologia de quantificação de perda de solos ou produção de sedimentos, no Plano de Recursos Hídricos da área em questão foi apresentado um mapa de suscetibilidade à erosão. Além disso, no estudo foram identificadas duas estações fluviométricas e sedimentométricas para a bacia, uma com série histórica de 37 anos, e outra de 17 anos – ambas com coletas trimestrais. Os dados de concentração de sólidos suspensos para as duas estações foram apresentados, porém nenhuma análise sobre estes foi elaborada no Plano.

- Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo

Em relação às estações sedimentométricas utilizadas para estimativa de descarga sólida na bacia, há seis disponíveis. Quatro delas possuem série histórica de mais de 30 anos, com registros semestrais. Uma das estações apresenta 22 anos de registros, com dados coletados aproximadamente uma vez ao ano, e a estação mais recente na bacia possui 10 anos de dados com registros anuais. Uma busca por estudos já realizados na bacia também foi apresentada, resultando no levantamento de um mapa de suscetibilidade à erosão para a área.

- Rio Ibicuí

A partir da informação apresentada na Tabela 6, percebe-se que no PRH não foi aplicada metodologia para quantificação da perda de solos ou da produção de sedimentos. No entanto, para cada unidade de planejamento do estudo, foram geradas informações referentes à suscetibilidade à erosão. Ainda, um mapeamento das principais regiões suscetíveis a processos de arenização na área de estudo também foi apresentado.

- Rio Santa Maria

Conforme apresenta a Tabela 6, no Plano de Recursos Hídricos avaliou-se apenas a perda de solos potencial, espacializada para toda a área de estudo. Uma classificação da bacia de acordo com classes de suscetibilidade à erosão também foi elaborada no estudo.

- Rio Ijuí

A partir de um cruzamento de informações, o Plano de Bacia apresentou dados relacionados a suscetibilidade à erosão para a área de estudo. No entanto, não se observou no estudo a utilização de nenhuma metodologia para estimativa da perda de solos potencial ou da produção de sedimentos.

Ainda, algumas coletas em campo foram realizadas, no âmbito de avaliação da qualidade das águas superficiais. Nelas foram monitorados parâmetros como turbidez e concentração de sólidos, porém não foram utilizados em termos de avaliação hidrossedimentológica para a bacia.

5.1.4 Compilado para todas as regiões

Este item apresenta um resumo e compilado dos resultados obtidos com a análise dos Planos de Recursos Hídricos para as três regiões hidrográficas do estado. Dos 17 PRHs disponíveis para o Rio Grande do Sul, apenas 11 quantificam a perda de solos potencial da bacia hidrográfica em questão. Quando considerada a avaliação da produção de sedimentos, o número cai para apenas oito Planos que avaliam este tema. O gráfico da Figura 13 apresenta as metodologias identificadas tanto para avaliação de perda de solos quanto da produção de sedimentos nos Planos, indicando a porcentagem de aplicação de cada uma delas em relação ao total de estudos avaliados.

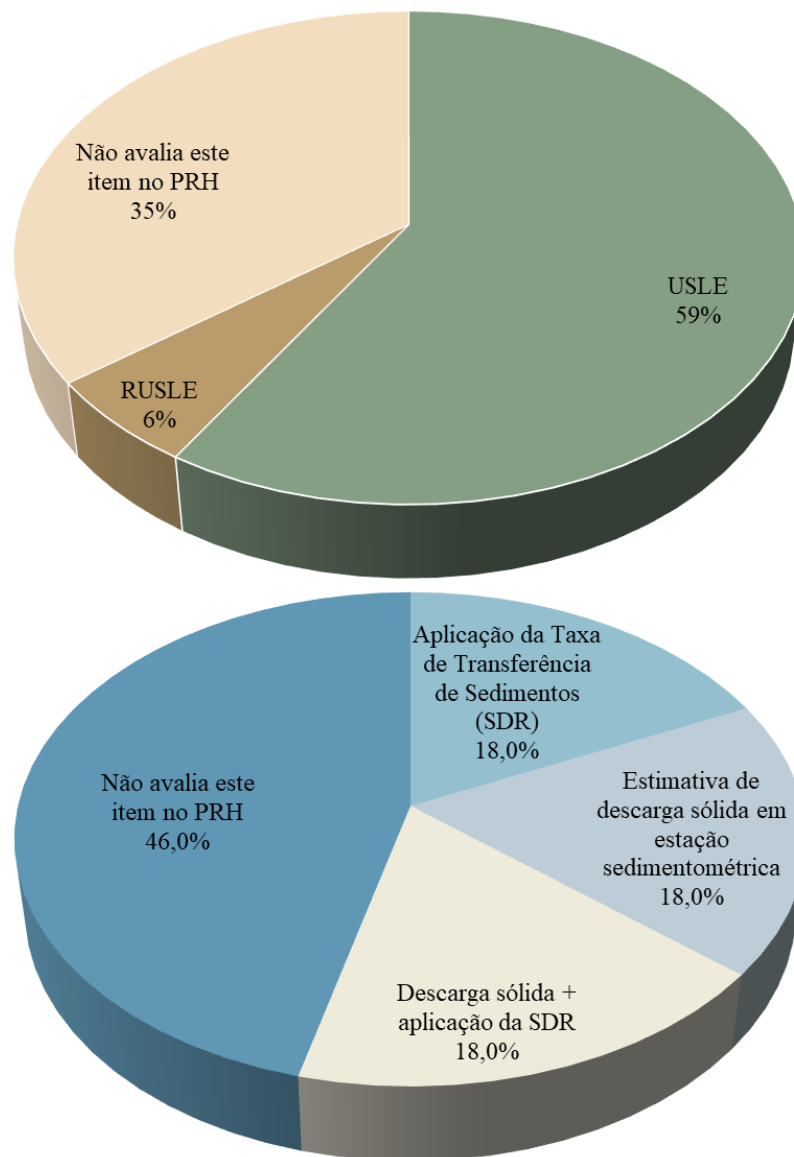


Figura 13. Porcentagem de metodologias aplicadas nos PRHs para avaliação da perda de solos (superior) e produção de sedimentos (inferior).

Fonte: própria da autora.

Das 11 bacias onde foram aplicadas técnicas quantitativas de avaliação de perda de solos nos Planos de Recursos Hídricos (65% da amostra total), apenas duas metodologias de avaliação foram utilizadas. São elas: a Equação Universal de Perda de Solos (*Universal Soil Loss Equation* – USLE), e a Equação Universal de Perda de Solos Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation* – RUSLE). A Figura 14 ilustra a espacialização das bacias em que a perda de solos foi avaliada, assim como as metodologias aplicadas, para toda a área de estudo do presente trabalho.

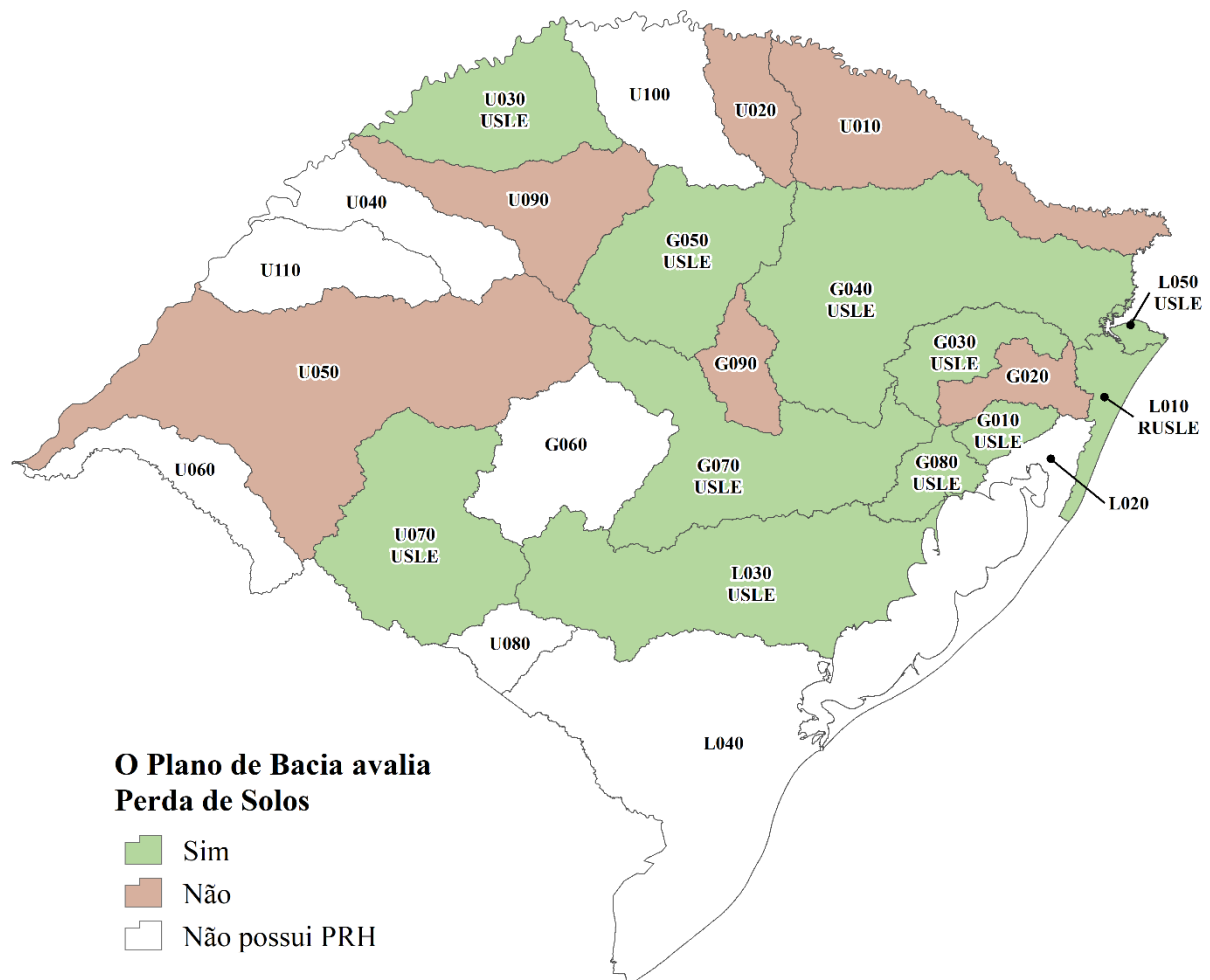


Figura 14. Bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul cujo PRH avalia a perda de solos.

Fonte: própria da autora.

Quando analisados os 17 PRHs sob a perspectiva da utilização de técnicas para quantificação da produção de sedimentos, em apenas nove deles foram identificadas a aplicação destas metodologias, o que corresponde a apenas 53% da amostra. Em todos estes nove Planos, a perda de solos também foi quantificada.

Apenas duas metodologias de quantificação da presença de sedimentos na rede de drenagem foram adotadas nos Planos analisados: aplicação da Taxa de Transferência de Sedimentos (*Sediment Delivery Ratio* – SDR); e estimativa de descarga sólida no local de estações sedimentométricas, a partir de registros históricos. Três bacias avaliadas aplicaram ambas as metodologias em seus Planos de Bacia.

Em nenhum dos Planos de Bacia analisados verificou-se a utilização de técnicas de modelagem hidrossedimentológica. A Figura 15 ilustra a espacialização das bacias hidrográficas cuja produção de sedimentos é avaliada em seu Plano de Recursos Hídricos, assim como as respectivas metodologias aplicadas.

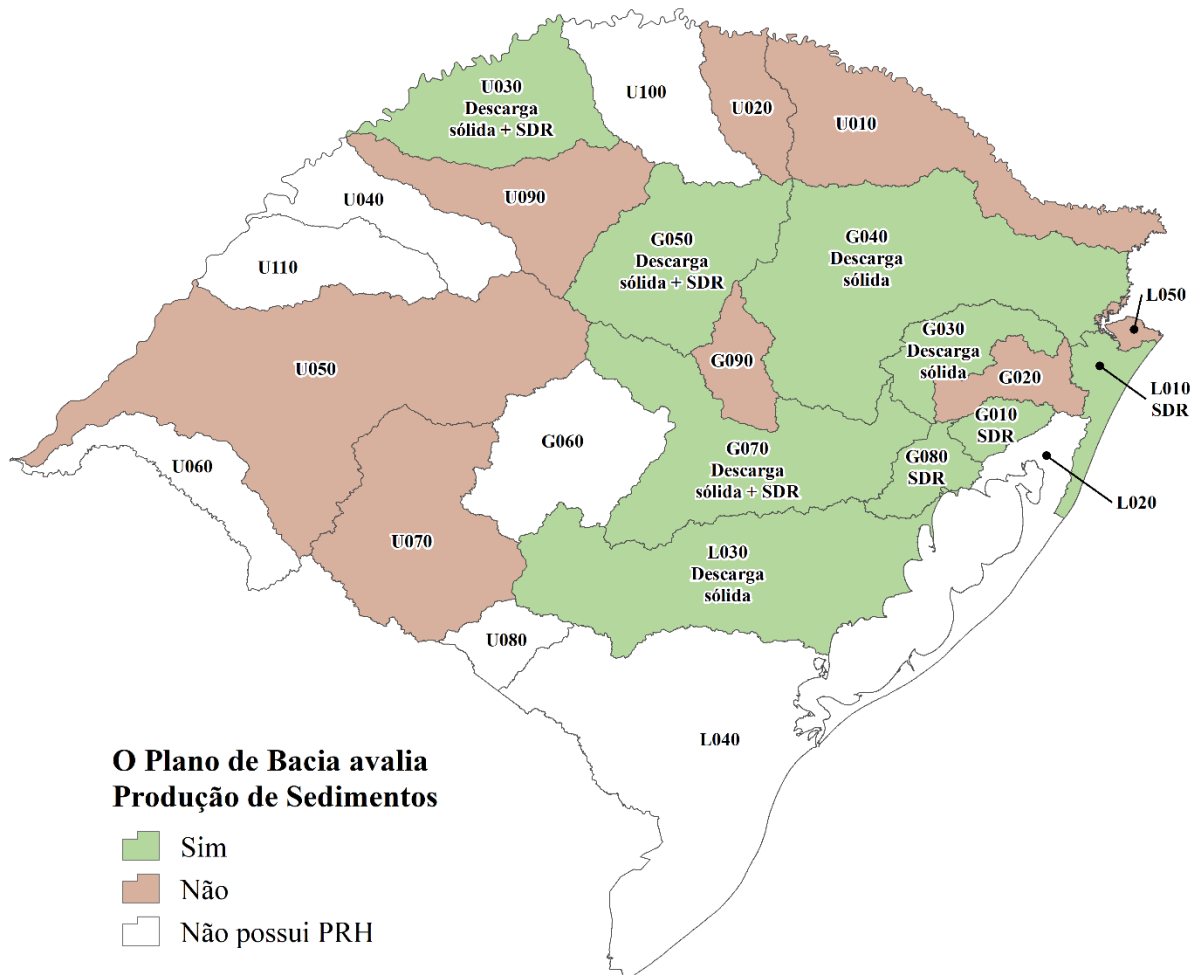


Figura 15. Bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul cujo PRH avalia a produção de sedimentos.

Fonte: própria da autora.

A Tabela 7 apresenta a relação dos PRHs avaliados que possuem alguma indicação em relação à sedimentologia em sua etapa de Plano de Ações. É nessa etapa do Plano de Bacia que são concebidas as estruturas para definição dos objetivos, ações e metas dos Programas que irão compor o estudo. Nesta fase é avaliada não apenas a integração temática entre os assuntos a serem abordados nos Programas, como também a materialização de esforços e recursos de instituições executoras e parceiras que propiciarão a efetiva implementação das ações recomendadas.

Tabela 7. Planos de Bacia que sugerem a aplicação de medidas envolvendo hidrossedimentologia em seu Plano de Ações.

Bacia Hidrográfica	Avalia Perda de Solos	Avalia Produção de Sedimentos	Indicação do Plano de Ações do PRH
G010 – Rio Gravataí	Sim	Sim	Proposto monitoramento de sedimentos na bacia, através da instalação de estações sedimentométricas em 12 pontos – com coletas mínimas semestrais. Também foi recomendada ação de monitoramento e controle de processos erosivos.
G050 – Alto Jacuí	Sim	Sim	Apresenta a densidade mínima e desejada de postos para a rede de monitoramento sedimentométrico, segundo recomendações da Organização Meteorológica Mundial (WMO). Também sugere que sejam adotadas ações de controle da erosão e assoreamento na bacia.
G070 – Baixo Jacuí	Sim	Sim	Indica um programa de monitoramento de sedimentos qualiquantitativo, apresentando a densidade mínima e desejada de postos para a rede sedimentométrica, segundo recomendações da Organização Meteorológica Mundial (WMO). Além disso, quantifica e apresenta a localização dos postos hidrossedimentométricos existentes, a serem reativados e os propostos de instalação para compor a rede de monitoramento qualiquantitativa da bacia. Um dos programas do Plano também propõe a execução de um Estudo da Dinâmica Fluvial na Bacia, com o desenvolvimento de uma modelagem sedimentológica que possibilitará avaliar a dinâmica dos sedimentos de forma mais apropriada, principalmente

Bacia Hidrográfica	Avalia Perda de Solos	Avalia Produção de Sedimentos	Indicação do Plano de Ações do PRH
			considerando os processos de extração de areia dos cursos d'água.
L030 – Rio Camaquã	Sim	Sim	Apresenta a densidade mínima e desejada de postos para a rede de monitoramento sedimentométrico, segundo recomendações da Organização Meteorológica Mundial (WMO). Além disso, quantifica e apresenta a localização dos postos hidrossedimentométricos existentes e propostos de instalação para compor a rede de monitoramento qualitativa da bacia. Sugere que nestas estações sejam realizadas coletas trimestrais, tanto de sedimento em suspensão e de sedimento de fundo. Um dos programas do Plano sugere a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e o controle de erosão.
U010 – Rios Apuaê-Inhandava	Não	Não	Propostos 8 pontos para inserção de estações de monitoramento sedimentométrico, e apresentadas suas respectivas localizações na bacia.
U070 – Rio Santa Maria	Sim	Não	Sugere a ampliação dos pontos de monitoramento sedimentométrico, com a realização de campanhas semestrais em três pontos de coleta; considerando a hierarquização das ações propostas no Plano, esta foi categorizada como sendo de “Alta prioridade”.

Fonte: própria da autora.

Além das bacias indicadas na Tabela 7, alguns Planos de Ações citam metas e programas que permeiam o viés hidrossedimentológico, entretanto sem abordá-lo diretamente. O PRH da bacia hidrográfica do Rio Caí (G030), por exemplo, cita apenas a execução de um programa geral de áreas prioritárias para a conservação ou preservação dos recursos naturais. Nesta mesma linha, a bacia do Rio Taquari-Antas (G040) também cita estudos e a execução de áreas verdes, que auxiliam (entre outros benefícios) na redução do aporte de sedimentos à rede de drenagem.

O Plano de Ações da bacia hidrográfica do Rio Tramandaí (L010) aponta que a implementação de boas práticas agrícolas também auxilia na redução do aporte de sedimentos nos cursos d'água e, por isso, estas devem ser implementadas na área em questão. Também

apresenta a densidade mínima de estações sedimentométricas recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (WMO), sem propor alterações deste tipo para a bacia. Por sua vez, o PRH dos Rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (U030) sugere apenas que sejam adotadas ações gerais de controle da erosão e assoreamento na bacia hidrográfica.

5.2 TRABALHOS CIENTÍFICOS

Este item aborda os resultados obtidos com a finalização da Etapa 2 da metodologia proposta neste trabalho. Estes serão subdivididos de acordo com as consultas realizadas na base de dados Scopus, apresentadas no item 5.2.1, e na ferramenta de inteligência artificial ChatGPT – item 5.2.2.

5.2.1 Base de dados Scopus

A busca na base de dados Scopus retornou uma amostra de 243 artigos disponíveis no total. A Figura 16 apresenta a distribuição temporal dos trabalhos obtidos, sendo o ano de 2019 o de maior quantidade de publicações, seguido por 2022 e 2015.

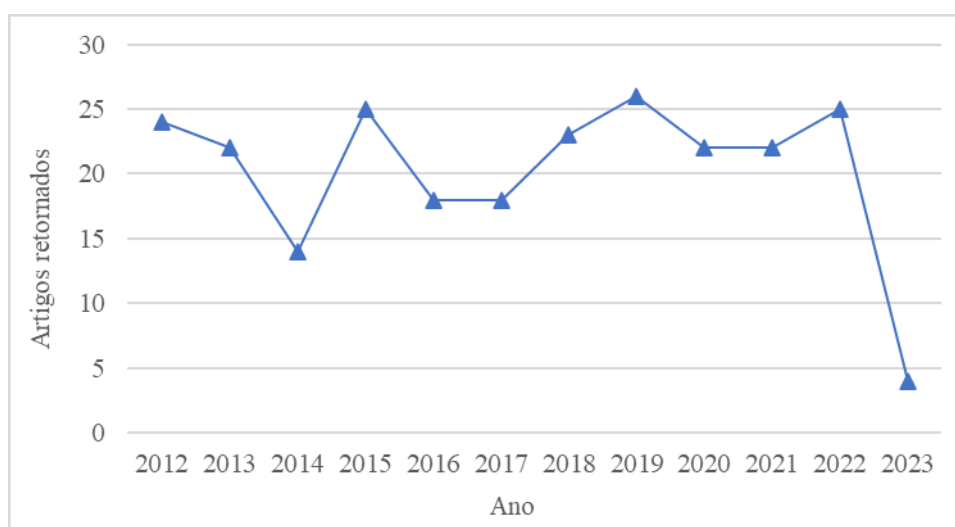


Figura 16. Distribuição temporal dos trabalhos selecionados através de pesquisa na base de dados Scopus.

Fonte: própria da autora.

Quando avaliadas as fontes dos documentos, destacam-se publicações oriundas do *Journal of Hydrologic Engineering*, *Water (Switzerland)*, *Science of the Total Environment* e *Journal of Hydrology*. Em termos de artigos publicados por país, lideram os Estados Unidos da América (com mais de 90 documentos), seguidos pela Índia e na sequência a China.

Sobre os artigos retornados pela pesquisa, realizou-se a identificação da metodologia para estimativa de perda de solos e/ou produção de sedimentos em cada um deles, através da

leitura dos trabalhos. A listagem completa da amostra de artigos retornados, e suas respectivas abordagens, encontra-se apresentada nos ANEXOS (Tabela 11) deste trabalho.

Do total de artigos consultados, 215 possibilitaram a identificação da metodologia utilizada para estimativa da perda de solos e/ou da produção de sedimentos na área estudada; isto representa cerca de 88% da amostra total. Ainda, dez trabalhos aplicaram duas ou mais metodologias de avaliação hidrossedimentológica, não sendo possível identificar apenas um método como predominante.

Dois artigos consultados apresentaram uma revisão bibliográfica sobre a temática hidrossedimentológica, 13 foram considerados não aderentes ao objetivo desta pesquisa, e apenas três não estavam disponíveis, devido à limitação de acesso da identificação estudantil. Desta forma, do total amostrado de 243 artigos obtidos no filtro inicial aplicado à plataforma Scopus, 215 foram considerados válidos para a aplicação aqui delineada.

A Tabela 8 apresenta as metodologias identificadas para os trabalhos avaliados, bem como o número de artigos em que estas são aplicadas. Ao todo, ao longo dos 215 trabalhos considerados válidos para as aplicações aqui propostas, foram identificadas 56 metodologias distintas de avaliação de perda de solos, produção de sedimentos, ou ambas.

Tabela 8. Metodologias e número de artigos identificados para a amostra de trabalhos obtida através da pesquisa na base de dados Scopus.

Metodologia identificada	Nº de artigos contabilizados
Modelo SWAT (<i>Soil and Water Assessment Tool</i>)	94
Modelo WEPP (<i>Water Erosion Prediction Project</i>)	20
Modelo AnnAGNPS (<i>Annualized Agricultural Non-Point Source Pollution Model</i>)	8
Análise de dados de estações sedimentométricas	7
Modelo de redes neurais artificiais (<i>Artificial Neural Network</i>)	6
RUSLE (<i>Revised Universal Soil Loss Equation</i>)	6
Modelo APEX (<i>Agricultural Policy Environmental eXtender</i>)	5
SCS-CN (<i>Soil Conservation Service-Curve Number</i>) e Índice de Produção de Sedimentos (<i>Sediment Yield Index - SYI</i>)	4
Modelo TETIS	4
Medições em parcela experimental em campo	4
MUSLE (<i>Modified Universal Soil Loss Equation</i>)	3
Modelo WaTEM/SEDEM (<i>Water and Tillage Erosion Model and Sediment Delivery</i>)	3
USLE (<i>Universal Soil Loss Equation</i>)	3
Curva-chave de sedimentos	2

Metodologia identificada	Nº de artigos contabilizados
Programa HSPF (<i>Hydrologic Simulation Program - FORTRAN</i>)	2
Modelo STREAM (<i>Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Management</i>)	2
Modelo DWSM (<i>Dynamic Watershed Simulation Model</i>)	2
Programa LSPC (<i>Loading Simulation Program in C++</i>)	2
Índice de conectividade de sedimentos	1
SCS-CN (<i>Soil Conservation Service-Curve Number</i>) e Thorens	1
Análise de dados de coletas de campo	1
Modelo determinístico morfométrico (MDM)	1
Modelo EROSION-3D	1
Modelo estocástico de produção de sedimentos (<i>Copula Theory</i>)	1
Relação entre o comprimento da rede de drenagem e Índice de Produção de Sedimentos (<i>Sediment Yield Index - SYI</i>)	1
Modelo IntErO (<i>Intensity of Erosion and Outflow</i>)	1
Dados de estações sedimentométricas e Índice de Produção de Sedimentos (<i>Sediment Yield Index - SYI</i>)	1
Medições em parcela experimental em laboratório	1
Modelo SeRFE (<i>Sediment Routing and Floodplain Exchange</i>)	1
RUSLE (<i>Revised Universal Soil Loss Equation</i>) e Taxa de Transferência de Sedimentos (<i>Sediment Delivery Ratio – SDR</i>)	1
Modelo RHEM (<i>Rangeland Hydrology Erosion Model</i>)	1
Modelo WRF-Hydro-Sed	1
Modelo GWLF (<i>Generalized Watershed Loading Functions</i>)	1
SCS-CN (<i>Soil Conservation Service-Curve Number</i>) e SMB (<i>Soil Moisture Balance</i>)	1
Modelo NETSTARS (<i>Network of Sediment Transport Model for Alluvial River Simulation</i>)	1
Modelo THREW (<i>Tsinghua Representative Elementary Watershed</i>)	1
Modelo GSPTM (<i>Grid-based Sediment Production and Transport</i>)	1
Modelo MMMF (<i>Modified Morgan-Morgan-Finney</i>)	1
SCS-CN (<i>Soil Conservation Service-Curve Number</i>) e USLE (<i>Universal Soil Loss Equation</i>)	1
USLE (<i>Universal Soil Loss Equation</i>) e Taxa de Transferência de Sedimentos (<i>Sediment Delivery Ratio – SDR</i>)	1
Modelos HSVM (<i>Hydrology Soil Vegetation Model</i>) e BSTEM (<i>Bank Stability and Toe Erosion Model</i>)	1
Modelo Topofilter (<i>Topographic Filtering Simulation Model</i>)	1
Modelo KINEROS2 (<i>Kinematic Runoff Erosion Model</i>)	1
Modelos de aprendizagem de máquina (<i>Machine learning</i>)	1
Modelo SWATDRAIN (<i>Soil and Water Assessment Tool</i> com o Modelo DRAINMOD acoplado)	1

Metodologia identificada	Nº de artigos contabilizados
Modelo SHETRAN (<i>Systeme Hydrologique Europeen Transport</i>)	1
Modelo MHYDAS-Erosion	1
Modelo GSSHA (<i>Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis</i>)	1
Modelo PSED (<i>Physiographic Soil Erosion-Deposition Model</i>)	1
Modelo SedNet (<i>Sediment budgets for river Networks</i>)	1
Modelo LISEM (<i>LImburg Soil Erosion Model</i>)	1
Modelos tRIBS-OFM (<i>triangulated Real-time Integrated Basin Simulator - Overland Flow Model</i>) e formulação Hairsine-Rose	1
Modelo WetSpa (<i>Water and Energy Transfer between Soil, Plants, and Atmosphere</i>) e Taxa de Transferência de Sedimentos (<i>Sediment Delivery Ratio – SDR</i>)	1
Modelo DREAM (<i>Distributed Runoff and Erosion Assessment Model</i>)	1
Modelo ANFIS (<i>Adaptive Network-based Fuzzy Inference System</i>)	1
Modelo DYRM (<i>Digital Yellow River Model</i>)	1
Total	215

Fonte: própria da autora.

Através da análise das informações dispostas na Tabela 8, é possível perceber que a metodologia mais utilizada nos trabalhos científicos é a aplicação do modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*), totalizando 94 artigos identificados. Em seguida, está a aplicação do modelo WEPP (*Water Erosion Prediction Project*) identificada em 20 dos 215 artigos analisados. Na sequência encontra-se o modelo AnnAGNPS (*Annualized Agricultural Non-Point Source Pollution Model*), considerado em 8 trabalhos.

Das 56 metodologias listadas, apenas 18 delas foram aplicadas em dois ou mais artigos, estando as demais 38 identificadas em apenas um trabalho. A Figura 17 apresenta a distribuição percentual dos dez métodos de análise mais empregados nos artigos científicos analisados. Através da análise do gráfico supracitado, se identifica que aproximadamente 17% da amostra – ou seja, 38 trabalhos – representam uma metodologia aplicada apenas uma vez, considerando a amostra total de 215 arquivos.

A Figura 17 também indica que, em sequência aos três modelos mais utilizados nos trabalhos científicos levantados (SWAT, WEPP e AnnAGNPS), encontra-se a aplicação da metodologia de estimativa direta de da produção de sedimentos, através da análise de séries históricas de estações sedimentométricas. Modelos baseados em redes neurais artificiais e a

aplicação direta da *RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)* aparecem na sequência, ambos identificados em seis trabalhos.

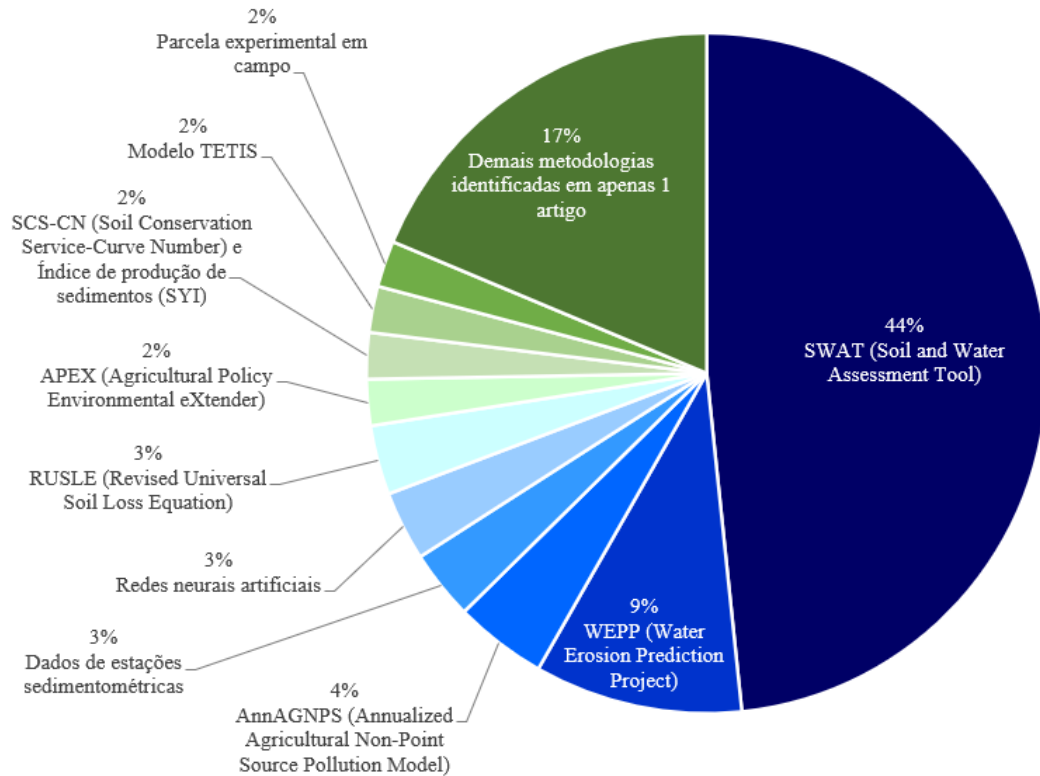


Figura 17. Distribuição percentual das dez metodologias mais aplicadas pelos trabalhos científicos avaliados.

Fonte: própria da autora.

Quando considerada a questão temporal, ao serem avaliadas as metodologias predominantes de aplicação em cada um dos anos do período analisado (2012 a 2023), o modelo SWAT permanece como o método mais aplicado durante todo o tempo, seguido pelo modelo WEPP. Isto demonstra que, apesar de os resultados da pesquisa na base de dados englobarem trabalhos publicados ao longo de dez anos, há predominância em todos eles pela utilização de modelos distribuídos ou semi-distribuídos de simulação contínua na estimativa da produção de sedimentos de suas respectivas áreas de estudo.

Ressalta-se que muitos dos modelos identificados também utilizam a aplicação de equações empíricas – como o SWAT, que utiliza a MUSLE, e o AnnAGNPS, que aplica a RUSLE. A diferença mais significativa é que estes modelos subdividem a bacia hidrográfica em áreas de contribuição menores, permitindo assim a aplicação destas equações de acordo com suas premissas de utilização. Vale apontar também que, diferente do modelo SWAT, que possui

potencial de aplicação em áreas de contribuição maiores, o modelo WEPP possui base física, sendo aplicado majoritariamente em pequenas bacias. Isto indica que a escala de aplicação dos modelos identificados nos artigos científicos pode ser um limitante para sua utilização em Planos de Recursos Hídricos – bem como a falta de informações em bacias hidrográficas maiores, necessária ao uso de algumas das metodologias identificadas nos artigos.

Quando analisados os objetivos dos trabalhos selecionados, identificou-se um acréscimo de artigos ao longo dos anos relacionados à temática das mudanças climáticas e seu impacto na perda de solos e produção de sedimentos. A partir de 2013, ao menos um artigo por ano foi publicado sobre o tema. Para a abordagem dessa questão, diferentes modelos que simulam condições e alterações climáticas são executados à parte da abordagem hidrossedimentológica; após esta etapa, os resultados gerados com a previsão climática são então inseridos nos modelos já conhecidos e amplamente utilizados, para avaliação dos possíveis impactos na perda de solos e geração de sedimentos.

A Tabela 9 ilustra as metodologias identificadas em artigos que avaliam a temática hidrossedimentológica associada a mudanças climáticas. Sua análise permite identificar, mais uma vez, a predominância de aplicação do modelo SWAT, utilizado em 74% dos artigos que avaliam o impacto de variações no clima na produção de sedimentos. Cabe ressaltar a utilização da RUSLE, uma metodologia comparativamente mais simples, aplicada em um dos trabalhos sobre o tema.

Tabela 9. Metodologias identificadas em artigos que avaliam sedimentologia associada a impactos oriundos de mudanças climáticas.

Metodologia identificada	Nº de artigos contabilizados
Modelo SWAT (<i>Soil and Water Assessment Tool</i>)	17
Modelo TETIS	2
Modelo GWLF (<i>Generalized Watershed Loading Functions</i>)	1
RUSLE (<i>Revised Universal Soil Loss Equation</i>)	1
Modelo SHETRAN (<i>Systeme Hydrologique Europeen Transport</i>)	1
Modelo STREAM (<i>Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Management</i>)	1
Total	23

Fonte: própria da autora.

Além da abordagem das questões climáticas, foram identificados trabalhos com foco na avaliação de condições de aporte de sedimentos em reservatórios. Especificamente sobre este

tema, dos nove trabalhos assinalados, em cinco deles observou-se a aplicação do modelo SWAT. Os outros quatro modelos identificados para uso deste tipo foram: GSPTM (*Grid-based Sediment Production and Transport*), HSPF (*Hydrologic Simulation Program - FORTRAN*), WaTEM/SEDEM (*Water and Tillage Erosion Model and Sediment Delivery*) e WetSpa (*Water and Energy Transfer between Soil, Plants, and Atmosphere*) – associado à aplicação de uma Taxa de Transferência de Sedimentos (SDR).

5.2.2 Ferramenta de inteligência artificial

A segunda parte das buscas, realizada através da ferramenta de inteligência artificial ChatGPT, originou 60 resultados – baseados em seis perguntas efetuadas uma única vez na plataforma virtual. A Tabela 10 ilustra os produtos gerados pela ferramenta.

Tabela 10. Perguntas realizadas e respostas geradas ao ChatGPT.

Pergunta efetuada	Resposta do ChatGPT	Ano indicado
Pergunta 1) Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?	Modeling sediment yield in a Brazilian watershed using the AnnAGNPS model	2012
	A comparative study of three sediment transport models for predicting suspended sediment concentrations in rivers	2013
	Modeling sediment transport processes in a small alpine catchment by coupling a hydrological model with an event-based sediment transport model	2014
	A new two-dimensional coupled hydrodynamic and sediment transport model for complex river systems	2015
	The use of unmanned aerial vehicles in fluvial geomorphology: a review of current knowledge and future prospects	2016
	Modeling sediment transport in a meandering channel using a three-dimensional morphological model	2017
	Hydrodynamic and sediment transport modeling in a mesotidal estuary with suspended sediment concentration feedback	2018
	Modeling sediment transport in large rivers: comparison of one-dimensional and two-dimensional approaches	2019
	Coupled hydrodynamic and sediment transport modeling for river engineering applications	2020
A hybrid model for simulating sediment transport in meandering rivers with complex channel bedforms	2021	
Pergunta 2) Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas com estudos de caso no	Modelagem da erosão e do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica tropical do Brasil usando o modelo SWAT	2012
	Modelagem do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica urbana no Brasil usando o modelo SWAT	2013
	Avaliação da precisão de modelos de previsão de erosão em bacias hidrográficas do Brasil	2013
	Aplicação de um modelo hidrossedimentológico para simulação de processos erosivos em uma bacia hidrográfica do sul do Brasil	2014
	Modelagem do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica de cerrado no Brasil usando o modelo SWAT	2015

Pergunta efetuada	Resposta do ChatGPT	Ano indicado
Brasil, publicados a partir do ano de 2012?	Avaliação de um modelo hidrossedimentológico para simulação de processos erosivos em uma bacia hidrográfica da região sudeste do Brasil	2016
	Modelagem do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica semiárida no Brasil usando o modelo SWAT	2017
	Modelagem hidrossedimentológica de uma bacia hidrográfica urbana no Brasil utilizando o modelo SWAT	2018
	Modelagem hidrossedimentológica em uma bacia hidrográfica tropical do Brasil usando o modelo SWAT e dados de sensoriamento remoto	2019
	Avaliação da erosão e do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta no Brasil usando o modelo SWAT	2020
Pergunta 3) Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos mais bem avaliados sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?	A review of sediment transport modelling in rivers: recent progresses and future directions	2018
	Modelling sediment yield in ungauged catchments: A review	2015
	Recent advances in sediment transport modeling: A review and evaluation	2017
	Sediment transport modeling in rivers: calibration and validation issues	2012
	Modelling soil erosion and sediment transport in river basins: progress and prospects	2016
	Integrated modeling of hydrology and sediment transport in rivers and catchments: A review of approaches	2018
	A review of sediment transport models in rivers: theories, empirical methods, and applications	2016
	Modeling suspended sediment transport in rivers: a review	2019
	Comparative evaluation of sediment transport models using field data in a mountainous catchment, South Korea	2018
A review of sediment transport modeling in rivers with implications for salmonid habitat restoration projects	2016	
Pergunta 4) Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas de grande escala, publicados a partir do ano de 2012?	Multi-scale modeling of suspended sediment transport in the Yangtze River Basin using SWAT and EFDC models	2022
	Assessing the impacts of climate change and human activities on sediment transport in the Pearl River Basin, China	2021
	Modeling sediment yield and transport in the Yellow River basin, China: An application of SWAT model	2021
	The response of sediment transport in a large-scale river basin to land use and climate change: A case study of the Xijiang River Basin in South China	2020
	Development and application of a distributed sediment transport model in large-scale basins	2019
	Modelling and assessing the impact of land use change on sediment yield in the Wei River Basin, China	2019
	Modeling spatial and temporal variation of sediment yield and erosion intensity in the Yangtze River Basin, China	2018
	Modeling the impact of climate change on sediment yield in the upper Yellow River basin, China	2017
	Modeling the impact of climate and land use changes on sediment yield in the Jinghe River basin, China	2016
Integrated modeling of land use and climate change impacts on sediment yield in a large-scale watershed	2014	

Pergunta efetuada	Resposta do ChatGPT	Ano indicado
Pergunta 5) Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos mais relevantes sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?	Modeling sediment yield in a large mountainous watershed using a distributed hydrological model	2016
	A distributed model for simulating sediment transport in small mountainous watersheds	2016
	A new approach for simulating sediment transport in ungauged mountainous watersheds	2015
	A hybrid model for predicting sediment yield in small agricultural watersheds	2014
	Simulation of sediment transport in a small mountainous watershed using the SWAT model	2013
	Development of a distributed model for simulating sediment transport in large-scale watersheds	2015
	Sediment transport modeling in a large river basin using SWAT with dynamic land use and sediment transport capacity	2014
	Modeling sediment transport in Wadi Fatimah using HEC-HMS and HEC-RAS models	2013
	Simulation of sediment transport in the middle reaches of the Yangtze River using a hydrological model with a sediment routing component	2016
	Sediment delivery estimation in a mountainous watershed by coupling HSPF and SWAT models	2015
Pergunta 6) Poderia me fornecer uma lista de dez artigos científicos sobre modelagem de sedimentos utilizando sensoriamento remoto em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?	Sediment yield estimation in a tropical catchment using remote sensing and GIS techniques	2012
	Assessing suspended sediment concentration in rivers using remote sensing and hydrodynamic modeling	2013
	Modeling of sediment transport in a river using remote sensing and hydrodynamic modeling	2014
	Quantifying sediment loads in a large river using remote sensing and hydrodynamic modeling	2015
	Remote sensing-based modeling of sediment transport and deposition in a small mountainous river	2016
	Modeling of suspended sediment concentration in a river using remote sensing and machine learning algorithms	2017
	Modeling sediment deposition in a coastal wetland using remote sensing and hydrodynamic modeling	2018
	Estimating sediment yields in a large river basin using remote sensing and hydrodynamic modeling	2019
	Assessing sediment transport in a braided river using remote sensing and hydrodynamic modeling	2020
	Modeling of sediment transport and deposition in a deltaic estuary using remote sensing and hydrodynamic modeling	2021

Fonte: própria da autora.

A partir do título dos artigos retornados através das respostas da plataforma, indicados na tabela acima, iniciou-se a procura pela íntegra dos trabalhos, para posterior avaliação da metodologia aplicada. Optou-se por efetuar a busca dos artigos supracitados no Portal de Periódicos da CAPES e no *Google Scholar*, de forma a possibilitar uma maior amplitude de

pesquisa. Foram considerados na verificação dos trabalhos o ano de publicação e a autoria destes, também informados pelo ChatGPT (vide ANEXOS – Tabela 12 – para disponibilização da informação completa).

A pesquisa através dos 60 títulos gerados pelo ChatGPT não resultou em nenhum trabalho – tanto no Portal de Periódicos da CAPES quanto na plataforma *Google Scholar*. Quando da procura pelo título do artigo nos locais citados, não foram encontradas coincidências exatas para os resultados, nem mesmo se considerados os índices de autor(es) e data de publicação para títulos de referência próxima àqueles gerados pela plataforma de inteligência artificial. Além disso, mesmo a base de conhecimento do modelo de linguagem tendo uma data de corte referente à setembro de 2021, devido à data em que este foi treinado, o mesmo resultou em alguns trabalhos do ano de 2022, já indicando uma dúvida em relação à confiabilidade das informações geradas.

Conclui-se com isso que a ferramenta ChatGPT, apesar de prover respostas completas contendo títulos de supostos artigos existentes e aderentes às perguntas efetuadas, não apresenta resultados confiáveis. Mesmo indicando em suas respostas nomenclaturas e metodologias comumente utilizadas em artigos da área hidrossedimentológica, nenhum dos títulos citados pela ferramenta de inteligência artificial foi encontrado nas bases de dados científicas consolidadas onde se executou a procura pelos trabalhos.

5.3 COMPARAÇÃO: PLANOS DE BACIA *VERSUS* ARTIGOS CIENTÍFICOS

Com a conclusão da Etapa 1 deste trabalho, identificou-se que as metodologias mais empregadas nos Planos de Recursos Hídricos para avaliação da produção de sedimentos foram a estimativa de descarga sólida a partir de dados de estações sedimentométricas, e a aplicação de uma equação de Taxa de Transferência de Sedimentos na bacia – visando quantificar a parcela de sedimentos que aporta à rede de drenagem, a partir do potencial de perda de solos calculado. Em relação à perda de solos, a abordagem mais utilizada foi a USLE, tendo sua aplicação associada a ferramentas de geoprocessamento, possibilitando a espacialização da informação na região de estudo.

Quando comparadas as metodologias supracitadas com aquelas identificadas na Etapa 2 do trabalho, percebe-se uma expressiva diferença entre as abordagens adotadas nos Planos de Bacia frente às empregadas nos artigos científicos avaliados. O uso de estações sedimentométricas para avaliação da produção de sedimentos foi a 4ª metodologia mais aplicada entre os 243 trabalhos avaliados – representado apenas 3% da amostra. Em termos de

perda de solos, a utilização direta da USLE aparece como a 12ª metodologia listada, o que representa sua aplicação em apenas 1% dos artigos avaliados. Além disso, a utilização de abordagens que associam técnicas de quantificação da perda de solos (como USLE e RUSLE, por exemplo), e aplicam a estes resultados taxas para a estimativa da produção de sedimentos nas bacias foi observada em apenas dois dos artigos analisados. Cabe ressaltar que a escolha das palavras-chave utilizadas para a busca da base de dados Scopus limitou a análise, retornando uma amostra relativamente específica de artigos publicados na temática hidrossedimentológica.

A escolha pela avaliação de artigos publicados a partir de 2012 até o presente momento, além de buscar representar o estado da arte em termos de produção científica de conteúdo sobre este tema, também possui relação com o fato de que, dos 17 Planos de Recursos Hídricos disponíveis para a área de estudo, 16 foram possuírem seus Relatórios Finais elaborados a partir do ano de 2012. Percebe-se com isso que, apesar de inseridos em uma mesma faixa temporal, há uma diferença considerável no grau de complexidade entre as abordagens adotadas em trabalhos científicos inseridos na temática hidrossedimentológica, e a forma como esta questão encontra-se apresentada nos Planos de Bacia Hidrográfica no Estado do Rio Grande do Sul, ainda que se entenda que muitos dos objetivos buscados em PRHs sejam diferentes daqueles explorados em artigos científicos.

Há uma gama de vantagens, em termos de resultados gerados, que as abordagens tecnológicas mais atuais fornecem, quando comparadas com as técnicas simplificadas adotadas atualmente nos Planos de Bacia estudados. O Quadro 1 ilustra algumas delas, assim como algumas desvantagens geradas quando da escolha pela utilização de tais metodologias. Entretanto, percebe-se que a seleção pela aplicação de métodos mais complexos – como alguns dos modelos identificados nos trabalhos científicos aqui avaliados – agrega inúmeros benefícios em termos de geração de dados e novas informações para a área de estudo.

Nível de informação gerado (vantagens)	Subsídios para sua utilização (desvantagens)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Séries históricas de descarga sólida para diversos pontos da bacia hidrográfica; ➤ Produção de sedimentos nos cursos d'água (permite identificar áreas prioritárias para intervenção); ➤ Transporte de sedimentos ao longo da bacia hidrográfica; 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Necessidade da dados para calibração e verificação dos resultados; ➤ Tempo para processamento das informações coletadas, construção do modelo e validação da simulação;

Nível de informação gerado (vantagens)	Subsídios para sua utilização (desvantagens)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deposição de sedimentos em trechos de rio (identificação de zonas críticas em termos de assoreamento); ➤ Impactos no ciclo sedimentológico devido à modificações no uso e ocupação do solo e seus; ➤ Efeitos das mudanças climáticas na perda de solos e produção de sedimentos; ➤ Adoção de programas de conservação do solo e da água no meio rural (por exemplo, Pagamento por Serviços Ambientais – PSA); ➤ Efeito de reservatórios (em construção ou existentes) na dinâmica de sedimentos dos cursos d’água; ➤ Suscetibilidade de locais da bacia em termos de problemas envolvendo turbidez e descarga sólida (por exemplo, Estações de Tratamento de Água); ➤ Avaliação do impacto de medidas propostas no próprio Plano de Bacia; ➤ Avaliação do comportamento interanual dos fluxos de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recursos computacionais; ➤ Equipe qualificada para execução da modelagem e interpretação dos resultados. ➤ Custos para elaboração do estudo; ➤ Limite da informação necessária dentro do escopo dos PRH; ➤ Tamanho da bacia.

Quadro 1. Vantagens e desvantagens associadas à aplicação de modelos hidrossedimentológicos.

Fonte: própria da autora.

Entende-se que a aplicação de abordagens mais complexas – como por exemplo modelagem hidrossedimentológica para simulação da perda de solos e da produção de sedimentos – em bacias hidrográficas representam metodologias mais dispendiosas, principalmente em termos de tempo de processamento de dados, etapas de execução, bem como de recursos computacionais e financeiros, conforme já ilustrado no Quadro 1. Entretanto, quando considerados os crescentes avanços científicos e tecnológicos observados ao longo dos anos, percebe-se que a utilização de metodologias mais robustas, principalmente aquelas relacionadas à aplicação de *softwares* específicos acerca do tema abordado, tornam-se cada vez mais comuns.

Isto é corroborado através da observação das três principais metodologias aplicadas nos trabalhos científicos avaliados: os modelos SWAT (*Soil & Water Assessment Tool*), WEPP (*Water Erosion Prediction Project*) e AnnAGNPS (*Agricultural Non-Point Source Pollution*).

Todos os três modelos supracitados são gratuitos e se encontram disponíveis para *download* em suas respectivas plataformas virtuais, onde manuais acerca de seu desenvolvimento, versões, funções e aplicabilidade são apresentados.

Além disso, os dois primeiros modelos citados (SWAT e WEPP) possuem interface com *softwares* de geoprocessamento, tanto de plataformas licenciadas (por exemplo, ArcGIS), quanto de plataformas de código aberto – gratuitas – como é o exemplo do Quantum GIS (QGIS). Isto facilita, em parte, na utilização destas metodologias, pois propicia uma redução de etapas no pré-processamento de dados e informações a serem inseridas no modelo – refletindo em uma economia no tempo para a execução da simulação. Entretanto, cabe considerar que, dada a robustez de alguns modelos – como o próprio SWAT – sua utilização não é tão simples, requerendo tempo para obtenção de todos os dados necessários à sua aplicação, demandando com isso uma mão de obra mais especializada em sua alimentação e interpretação dos resultados gerados. Porém, por serem *softwares* gratuitos que podem ser utilizados em plataformas também sem custos, não demandam recursos financeiros específicos em relação a compra e/ou licenciamento para utilização – auxiliando na difusão de ferramentas deste tipo para uso na temática hidrossedimentológica.

Assim, questiona-se se a dificuldade técnica e operacional observada na aplicação destes modelos justifica o fato de estes não serem utilizados nos Planos de Bacia para o Estado do Rio Grande do Sul. Como o Quadro 1 indica, os benefícios em termos de níveis de informações gerados para a área em estudo apresentam potencial de superar os subsídios necessários para a utilização destas metodologias em Planos de Recursos Hídricos.

Além disso, considerando apenas modelos hidrológicos, muitos Planos já aplicam simulações mais complexas de forma recorrente – mesmo que muitas regiões apresentem certa escassez de dados, o que indica uma abertura em estudos deste tipo no que tange a utilização de modelos matemáticos. Apesar da disponibilidade espaço-temporal de dados sedimentológicos ser limitada em muitas bacias hidrográficas, o que pode dificultar na utilização de modelos para simulação destes processos, atualmente encontram-se disponíveis informações de diversas fontes que podem complementar (ou mesmo suprir) a demanda por dados de monitoramento *in loco*. Como exemplo, citam-se dados oriundos de sensoriamento remoto – amplamente utilizados diversos tipos de estudo (FASSONI-ANDRADE & PAIVA, 2019; FAGUNDES et al., 2018; ROSSONI et al., 2020), e em muitos casos disponíveis gratuitamente -, informações relativas à qualidade da água, e até mesmo estudos anteriores já elaborados na área.

Considerando os apontamentos elencados, sugere-se que os Planos de Bacia a serem elaborados e/ou revisados no Estado do Rio Grande do Sul passem a aplicar – em termos de abordagem sedimentológica – algumas das metodologias mais comumente utilizadas em trabalhos científicos, como por exemplo as identificadas nesse estudo. Apesar de não encontrado na amostra gerada pelas buscas realizadas por trabalhos científicos, o principal modelo desenvolvido no Brasil para simulação de processos deste tipo em grandes bacias hidrográficas é o MGB-SED¹.

Ele é a combinação do modelo hidrológico chuva-vazão MGB, com um módulo adicional de sedimentos desenvolvido por Buarque (2015). O modelo é gratuito e também funciona acoplado ao *software* gratuito e de código aberto QGIS. Um dos exemplos de aplicação de uma versão do modelo supracitado é na complexa bacia hidrográfica do Rio Madeira, um dos afluentes principais do Rio Amazonas, desenvolvida por Föeiger et al. (2022).

Além da indicação de alguns modelos para utilização em PRHs em escala de bacia hidrográfica, reitera-se a importância de um conteúdo mínimo a ser apresentado em estudos deste tipo. Visando auxiliar nesta questão, o item a seguir apresenta uma sugestão de minuta de Termo de Referência a ser utilizada para a contratação de Planos de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul – no que tange ao escopo da hidrossedimentologia a ser abordado nestes planos.

5.4 MINUTA DE TERMO DE REFERÊNCIA PARA ESTUDOS HIDROSSEDIMENTOLÓGICOS EM PLANOS DE BACIA NO RS

Este item apresenta um trecho de documento orientativo como sugestão para compor um Termo de Referência (TDR), no que tange à abordagem hidrossedimentológica a ser aplicada em Planos de Recursos Hídricos elaborados em escala de bacia hidrográfica. Assim, este toma por referência uma bacia hidrográfica hipotética do Estado do Rio Grande do Sul, com problemas comuns à maioria das regiões, não contemplando as especificidades dos mais variados ambientes possíveis de serem encontrados no estado.

Desta forma, esta minuta de TDR deve, necessariamente, ser adequada considerando as peculiaridades da área de estudo objeto do futuro PRH, bem como as respectivas abordagens a serem adotadas. Esta sugestão de Termo de Referência visa apenas nortear a estruturação e a apresentação de uma proposta técnica, no âmbito do processo de contratação para execução dos estudos de elaboração de um Plano de Recursos Hídricos.

¹ <https://www.ufrgs.br/hge/mgb-sed-plugin-qgis/>

Observadas as ressalvas apresentadas acima, a seguir são apresentadas as indicações que compõem a minuta de TDR quanto à temática da perda de solos e da produção de sedimentos. Parte das informações foram baseadas em documento disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente acerca deste tema (BRASIL, 2000).

FASE DO PRH – DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DA BACIA

Item: Águas Superficiais

Subitem: Estudo e avaliação de processos associados à dinâmica fluvial na bacia hidrográfica

Processos erosivos

Os estudos no âmbito de processos erosivos devem identificar as principais áreas críticas submetidas a processos de erosão acelerados na bacia hidrográfica – e conseqüentemente maiores fontes de sedimentos. A espacialização destas regiões deve ser elaborada em ambiente SIG e apresentada em mapa de escala compatível com os levantamentos efetuados para identificação destes locais. Além disso, esta parcela do estudo deve contemplar, minimamente:

- Levantamento a partir de dados secundários (considerando o uso de imagens de satélite) de potenciais focos de erosão na bacia, visando identificar as principais tipologias relacionadas a estes processos. Devem ser analisados, no mínimo, os focos associados aos seguintes usos: agricultura, mineração, obras viárias e civis de grande porte. Além disso, nos locais onde já há formação de ravinas e voçorocas, ou mesmo em áreas suscetíveis a movimentos de massa, a evolução destes processos deve ser verificada através de imagens de satélite. A partir das particularidades de cada bacia hidrográfica, tipologias podem ser acrescentadas (ou retiradas) das aqui citadas. As áreas erodidas mais relevantes devem ser objeto de reconhecimento expedito em campo.
- Identificação e espacialização em ambiente SIG, a partir de dados secundários, de áreas assoreadas na bacia. A busca por dados deve englobar a obtenção e interpretação de imagens de satélite, bem como um reconhecimento expedito em campo deve ser realizado para os locais mais críticos identificados. Além disso, os processos de assoreamento apontados devem ser relacionados ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, buscando possíveis correlações entre ambos.

- Elaboração de mapa de potencial erosivo para a bacia hidrográfica, partindo da utilização de informações relativas ao terreno (como relevo, declividade, comprimento das vertentes), dados acerca de focos erosivos, pedologia e erodibilidade dos solos, erosividade da precipitação, uso e ocupação do solo, adoção de práticas de manejo em áreas agrícolas, entre outras. O cruzamento dos dados supracitados deve ser executado na melhor escala possível, considerando o uso de informações disponíveis publicamente, não podendo ser apresentado em escala inferior a 1:250.000.
- Utilização de modelo(s) de predição de perda de solos na bacia hidrográfica, espacializado em ambiente SIG para avaliação do comportamento deste nas sub-bacias/unidades de planejamento. A escolha do modelo deve basear-se no estado da arte relativo a este tema no momento da elaboração da proposta técnica para execução do PRH, no tamanho da bacia e na disponibilidade de dados, estando sua aprovação condicionada ao órgão responsável pela contratação do Plano.
- Avaliação dos impactos das atividades de Agropecuária, Geração de Energia e Mineração na bacia hidrográfica, considerando a escala mais adequada – dentro das limitações do local e da disponibilidade de informações, através da análise de uso do solo e da existência (ou não) de práticas de manejo e conservação do solo e da água, buscando refinar os quantitativos de potencial erosivo estimados para a área de estudo.

Processos hidrossedimentológicos

Os estudos desenvolvidos no âmbito dos processos sedimentológicos atuantes na bacia hidrográfica deverão caracterizar o estado de degradação da área em estudo, em termos de produção, transporte e deposição de sedimentos fluviais. Isto deve ser realizado mediante a determinação da magnitude e da distribuição temporal e espacial da descarga sólida nos principais cursos d'água da bacia, de modo a caracterizar, de forma geral, os seus fluxos de sedimentos.

Os resultados obtidos nesta etapa devem ser relacionados com aqueles identificados nas fases de diagnóstico do uso e ocupação do solo para a bacia hidrográfica, assim como relativos à quantificação dos processos erosivos realizada anteriormente. Além disso, esta parcela do estudo deve contemplar, minimamente:

- Identificação, levantamento, obtenção e análise de consistência de dados sedimentométricos e de estudos anteriores sobre a produção de sedimentos, descarga sólida, transporte e deposição na bacia hidrográfica. Nesta fase devem ser buscados tanto informações oriundas de trabalhos executados na área de estudo, além de dados de sensoriamento remoto e de monitoramento disponíveis, que devem ser espacializados em ambiente SIG e apresentados em mapa. Nesta etapa de levantamento de informações devem ser consideradas, no mínimo, as estações sedimentométricas disponíveis para a bacia hidrográfica identificadas a partir da Rede Hidrometeorológica Nacional (ANA, 2023), listadas nos ANEXOS (Tabela 13).
- Estimativa da produção de sedimentos por meio da aplicação de modelos matemáticos computacionais, considerando o uso de dados secundários (se suficientes). A escolha do modelo deve considerar o estado da arte relativo a este tema no momento da elaboração da proposta técnica para execução do PRH, estando sua aprovação condicionada ao órgão responsável pela contratação do Plano. No caso de impossibilidade de emprego destes modelos devido à falta de informações de monitoramento *in loco*, sugere-se o emprego de outras técnicas para a obtenção de dados, como o uso de imagens de sensoriamento remoto e/ou a correlação com dados de qualidade da água.
- Construção da modelagem deve representar – dentro das limitações esperadas para um estudo deste tipo e em escala mais regional – os principais reservatórios e demais obras hidráulicas na bacia hidrográfica, a fim de potencialmente avaliar seus efeitos na dinâmica de sedimentos dos cursos d’água.
- Interpretação dos dados obtidos com a modelagem, direcionados de forma à determinação de valores característicos de descarga sólida para os cursos d’água da bacia, bem como tendências espaço-temporais de ocorrência de eventos relativos a sedimentos em suspensão ao longo do ano hidrológico. Estes resultados devem ser relacionados a localização de pontos potencialmente sensíveis relativos a sedimentos na área de estudo – como Estações de Tratamento de Água (ETAs), usinas de geração de energia hidrelétrica, entre outros.

- Avaliação final da disponibilidade quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais, com indicações de regiões onde existe risco de comprometimento da qualidade da água em virtude da concentração de sólidos em suspensão, ou mesmo da relevância dos processos erosivos e de assoreamento existentes na bacia hidrográfica.
- Elaboração de Prognóstico hidrossedimentológico da bacia, avaliando os impactos de ações como: i) potencial de perda de solos, que podem indicar áreas com maior perda de solo efetiva; ii) modificação no uso e ocupação do solo; iii) mudanças climáticas e seus efeitos na perda de solos e produção de sedimentos; iv) adoção de programas de conservação do solo e da água (por exemplo, Pagamento por Serviços Ambientais – PSA); e v) avaliação do impacto de medidas previstas no próprio Plano de Bacia.

FASE DO PRH – PLANO DE AÇÕES

Nesta fase do Plano de Recursos Hídricos, todos os modelos matemáticos de simulação dos processos sedimentológicos e erosivos, entre outros, deverão incorporar o “Sistema de Suporte à Decisão” da bacia hidrográfica, mesmo que num primeiro momento isto não ocorra de forma integrada. O relatório do Plano de Ações deverá avaliar se o monitoramento hidrossedimentológico na bacia hidrográfica é adequado, bem como apresentar subsídios à proposição de programas de monitoramento hidrometeorológico, hidrossedimentológico, e de qualidade das águas superficiais.

Nesta fase do PRH também devem ser verificadas a necessidade de adoção de medidas para contenção de possíveis processos erosivos avançados na bacia hidrográfica, como por exemplo a identificação de ravinas e voçorocas. Nesta etapa também devem ser indicadas ações relativas a processos de assoreamento, se constatados problemas deste tipo na área estudada. Além disso, com base no diagnóstico do uso e ocupação do solo, devem ser sugeridas práticas de manejo e conservação do solo e da água em regiões agrícolas produtivas – principalmente naquelas com estimativas elevadas de perda de solo, segundo a modelagem realizada.

As ações acima mencionadas devem estar contidas nos programas propostos para o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica, inseridas nos eixos temáticos mais adequados, considerando a temática abordada. Os custos, atores envolvidos e fontes de financiamento de tais ações também devem ser elencados ao longo do Plano de Ações.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os Planos de Recursos Hídricos são o primeiro instrumento de gestão das águas previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos, esta instituída no Brasil pela Lei Federal Nº 9.433, de janeiro de 1997. Este estudo se configura como o principal fundamento para orientação de um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica – a unidade de gestão definida pela PRNH.

Dada a importância deste instrumento para a gestão das águas no país, e considerando que os PRHs visam avaliar não apenas os recursos hídricos de forma direta, mas todos os aspectos da bacia hidrográfica que estejam diretamente conectados a quantidade e qualidade das águas, este estudo busca promover uma análise de como a temática hidrossedimentológica encontra-se apresentada nestes Planos. Para isso, fixou-se como objetivo principal estabelecer o panorama crítico da abordagem hidrossedimentológica nos Planos de Bacia frente aos desenvolvimentos científicos mais modernos e recentes nesta área, tendo por estudo de caso os PRHs elaborados no Estado do Rio Grande do Sul.

Na primeira etapa da pesquisa, foram buscadas informações acerca das 25 bacias hidrográficas do estado, dentre as quais 17 possuem Plano de Recursos Hídricos já elaborado e publicamente disponível. Através da análise dos PRHs supracitados concluiu-se que:

- 65% dos Planos estimam a perda de solos potencial em suas respectivas áreas de estudo. Desta amostra disponível, a metodologia mais utilizada (em 91% dos estudos) foi a aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (*Universal Soil Loss Equation – USLE*);
- Apenas 53% dos PRHs utilizam alguma metodologia para quantificação da produção de sedimentos na bacia hidrográfica (e sub-bacias em estudos). Desta amostra, apenas duas abordagens foram identificadas: i) a aplicação de uma Taxa de Transferência de Sedimentos (*Sediment Delivery Ratio – SDR*) sobre o potencial de perda de solos; e ii) a estimativa de descarga sólida direta a partir de dados de estações sedimentométricas (curva-chave de sedimentos);
- Em nenhum dos nove Planos de Bacia que avaliam a produção de sedimentos na área de estudo foram identificadas a utilização de metodologias de modelagem computacional – que consideram o uso de

modelos mais robustos, ou a aplicação de *softwares* de propagação de sedimentos na rede de drenagem;

- Todos os nove PRHs que quantificam a produção de sedimentos também estimam a perda de solos potencial para a bacia hidrográfica (especializada para toda a área através com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento);
- Para a região hidrográfica do Guaíba, composta por nove bacias hidrográficas, 89% destas (oito bacias) possuem Plano de Recursos Hídricos elaborado. Em seis unidades de estudo (67% do total da região) foram quantificados tanto a perda de solos potencial quanto a estimativa da produção de sedimentos;
- Para a região hidrográfica do Litoral, que possui cinco bacias hidrográficas, apenas três (60%) possuem PRH. Também em três unidades de estudo foram elaboradas estimativas da perda de solo potencial, e só em 2 (40%) a produção de sedimentos foi quantificada;
- Já a região hidrográfica do Uruguai, composta por um maior número de bacias hidrográficas (onze), possui Plano de Recursos Hídricos elaborado em apenas seis destas (55%). Por sua vez, apenas duas unidades de estudo (18%) apresentam quantificação da perda de solos potencial em seus Planos de Bacia, sendo a produção de sedimentos avaliada em apenas uma delas (9%);

Na segunda etapa foi realizada a busca na base de dados científicos Scopus, onde a pesquisa através de filtros na plataforma resultou em um total de 243 artigos científicos. Estes trabalhos foram consultados e neles foram identificadas as metodologias utilizadas, visando obter o estado da arte acerca das metodologias mais empregadas em estudos acerca da temática hidrossedimentológica. Dos 215 artigos considerados aderentes aos objetivos propostos nesta pesquisa, concluiu-se que:

- Foram identificadas 56 metodologias distintas para quantificação da perda de solos potencial e/ou da produção de sedimentos nos trabalhos selecionados;
- A metodologia mais utilizada, totalizando 94 artigos (44%), foi a aplicação do modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*); este caracteriza-se por ser gratuito, funcionar acoplado a *softwares* de geoprocessamento e ser

consolidado na literatura científica – tanto em termos de estimativa de perda de solos, quanto de produção de sedimentos e avaliação da qualidade da água;

- Em 20 trabalhos foi aplicado o modelo WEPP (*Water Erosion Prediction Project*), e em oito o modelo AnnAGNPS (*Annualized Agricultural Non-point Source Pollutant*); ambos possuem características próximas ao modelo de simulação SWAT, por serem ferramentas de uso gratuito largamente utilizadas;
- As metodologias mais amplamente identificadas em uso nos Planos de Bacia da área de estudo (USLE, RUSLE, Taxa de Transferência de Sedimentos e curva-chave de sedimentos) representam, juntas, 18 artigos levantados (8% do total);
- A pesquisa realizada através da ferramenta de inteligência artificial ChatGPT apresentou resultados para seis perguntas pré-definidas e efetuadas na plataforma. Entretanto, ao proceder-se uma busca pelos trabalhos sugeridos em bases de dados científicos (*Google Scholar* e Portal de Periódicos da CAPES), nenhum resultado foi encontrado, indicando que os resultados informados pela ferramenta de IA ainda não são confiáveis – ao menos referentes a trabalhos científicos acerca da temática hidrossedimentológica;

Comparando os resultados de ambas as etapas propostas nesta pesquisa, é possível concluir que as metodologias aplicadas nos Planos de Recursos Hídricos para o Estado do Rio Grande do Sul geram resultados com menores níveis de informação em relação aos métodos utilizados em artigos científicos. Enquanto grande parte dos resultados nos PRHs permitem quantificar a produção de sedimentos apenas por eventos e em pontos localizados da área de estudo, as metodologias mais comumente empregadas na literatura científica geram séries históricas de informações, as quais podem ser obtidas e analisadas para diversos locais da bacia hidrográfica. Além disso, muitos dos Planos de Bacia sequer abordam a temática hidrossedimentológica em seus estudos, ocasionando com isso uma falha de conhecimento em termos de processos erosivos e sedimentológicos em várias bacias hidrográficas do estado.

Para suprir esta questão, é importante que na execução de Termos de Referência de estudos desenvolvidos no âmbito dos instrumentos propostos na Política de Recursos Hídricos

(como os Planos de Recursos Hídricos), sejam indicadas para utilização as melhores práticas possíveis para a avaliação hidrossedimentológica, sendo consideradas as devidas particularidades e limitações de cada área, como a disponibilidade de dados, o tempo disponível para a elaboração do estudo, entre outros. Desta forma, neste trabalho também foi apresentada uma minuta de um Termo de Referência a ser considerada na etapa de avaliação de processos erosivos e sedimentológicos, indicada para utilização em Planos de Bacia para o Estado do Rio Grande do Sul.

Recomenda-se, desta forma, que mais pesquisas sejam realizadas acerca deste tema, visando quantificar o benefício que a aplicação de metodologias mais robustas – porém amplamente utilizadas em trabalhos científicos – pode agregar em termos de planejamento e gestão de recursos hídricos nas bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul. Além disso, indica-se a utilização da minuta de Termo de Referência, proposta no âmbito de estudos erosivos e sedimentológicos e apresentada neste trabalho, como base para a elaboração e/ou revisão de Planos de Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.C.L.D. **A cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão de recursos hídricos**. 2019. 74p. Dissertação (Mestrado em Direito: área de concentração em Direito, Ciências, Instituições e Desenvolvimento) – Programa de Pós-graduação em Direito da Universidade Católica de Brasília. Brasília, DF.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Dados Abertos para a Gestão de Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, 2021a. Disponível em: <<https://dadosabertos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 01 de fev. 2021.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Situação 2021**. Brasília: ANA, 2021b. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/f866bc125c04461db1de9ba102dcf11f_2/about>. Acesso em: 10 out. 2022.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Planos de Recursos Hídricos de Bacias Interestaduais – Situação 2021**. Brasília: ANA, 2021c. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/25862dd7500b46669b9b989b38859e59_0/about>. Acesso em: 11 out. 2022.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Rede Hidrometeorológica Nacional – Situação 2019**. Brasília: ANA, 2023. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/f85dbf06-a869-414c-afc5-bb01869e9156>>. Acesso em: 11 fev. 2023.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Marco Legal: Lei das Águas: Capacitação para gestão das águas**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/3198?mode=simple>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Mapa da Divisão Hidrográfica segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em:

<<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/623673f5-4594-4f0f-96a1-78558083e8d9>>. Acesso em: 07 ago. 2022.

BIGGELAAR, C.; LAL, R.; WIEBE, K.; BRENEMAN, V.; REICH, P. 2004. The global impact of soil erosion on productivity II: effects on crop yields and production over time. **Adv. Agron.** n. 81, p.49–95.

BORDAS, M. P; SEMMELMANN, F. R. Elementos de Engenharia de Sedimentos. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**, 4 ed., Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS; ABRH, 2009, p. 915-943.

BOURSCHEID. 2012. **Processo de Planejamento da Bacia do Rio Gravataí** – Plano de Bacia. Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A., Comitê Gravatahy. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 4345-0500/09-1.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Edição atual: 2022. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código das Águas. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, RJ. 20 jul. 1934. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html#:~:text=Decreta%20o%20Codigo%20de%20Aguas.>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 0 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em: 05 jan. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Termos de Referência para Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos** (documento básico). Brasília, DF, julho de 2000. 51p.

BRASIL. Secretaria Nacional de Segurança Hídrica do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNSH/MDR): Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Plano**

Nacional de Recursos Hídricos: Plano de Ação. Volume II do PNRH 2022-2040. Março de 2022, 108p.

BUARQUE, D.C. **Simulação da geração e do transporte de sedimentos em grandes bacias:** Estudo de caso do rio Madeira. 2015. 166p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

BUARQUE, D.C. **Simulação da geração e do transporte de sedimentos em grandes bacias:** Estudo de caso do rio Madeira. 2015. 166p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

CAMPOS, J.N.B. A gestão das águas e o desenvolvimento do Estado do Ceará: uma perspectiva histórica. **T&C Amazônia**, Ano IV, n.9, p.25-31, 2006.

CAMPOS, J.N.B. A Gestão Integrada dos Recursos Hídricos: uma perspectiva histórica. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, Salvador, v.1, n.1, p.111-131, 2013.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática.** 2 ed. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2008. 599p.

CEARÁ. Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, CE, 29 jul. 1992. Disponível em: <<https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/desenv-regional-recursos-hidricos-minas-e-pesca/item/1022-lei-n-11-996-de-24-07-92-d-o-de-29-07-92>>.

Acesso em: 30 abr. 2022.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL (CRH). **Resolução Nº 141, de 21 de março de 2014.** Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul – PERH/RS. Porto Alegre: Governo do Estado, 2014. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201708/22164454-resolucao-crh-141-2014-institui-plano-estadual-recursos-hidricos-estado-rs-28-03.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). **Resolução Nº 32, de 15 de outubro de 2003.** Institui a Divisão Hidrográfica Nacional, em regiões hidrográficas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003. Disponível em:

<<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>.

Acesso em: 07 ago. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). **Resolução N° 91, de 05 de novembro de 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: <http://piranhasacu.ana.gov.br/resolucoes/resolucaoCNRH_91_2008.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2022.

COSTA, M.P.; CONEJO, J.G.L. A implementação do enquadramento dos corpos d'água em bacias hidrográficas: conceitos e procedimentos. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XVIII., 2009, **Resumos...** Campo Grande (MS): Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro), 2009.

DRHS. 2021. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba**. Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento do Estado do Rio Grande do Sul, Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 19/0500-0002741-3.

ECOPLAN. 2006. **Consolidação do Conhecimento sobre os Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pardo**. Ecoplan Engenharia Ltda., Comitê Pardo. Elaborado no âmbito do Contrato de Obras e Serviços N° 001/04.

ECOPLAN. 2016. **Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba**. Ecoplan Engenharia Ltda., Comitê do Lago Guaíba. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 12618-0500/12-0.

ELSEVIER. **About Scopus**, © 2022. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/solutions/scopus>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

ENGEPLUS. 2012. **Processo de Planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí**. Engeplus Engenharia e Consultoria Ltda., Comitê da Bacia do Alto Jacuí. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 004713-05.00/9.3.

ENGEPLUS. 2012. **Processo de Planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo**. Engeplus Engenharia e Consultoria Ltda., Comitê Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 003834-05.00/10-4.

ENGEPLUS. 2015. **Planejamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí**. Engeplus Engenharia e Consultoria Ltda., Comitê do Baixo Jacuí. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 011108-0500/12-0.

FAGUNDES, H.O. **Modelagem hidrossedimentológica de grandes bacias com apoio de dados in situ e sensoriamento remoto**. 2018. 198p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

FAGUNDES, H.O.; PAIVA, R.C.D.; FAN, F.M. Utilizando dados de qualidade da água e de sensoriamento remoto na calibração automática e validação de um modelo hidrossedimentológico. In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, XIII., 2018, **Resumos...** Vitória (ES): Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro), 2018, ISSN: 2359-2141.

FAO. **Status of the World's Soil Resources**. Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, Italy. 2015. p.100-222.

FARIAS, T.Q. Outorga de direito de uso dos recursos hídricos no ordenamento jurídico brasileiro. **Revista Direito e Liberdade** – Biblioteca Jurídica do Superior Tribunal de Justiça, v. 8, n.1, p.1-11, 2008.

FASSONI-ANDRADE, A.C; PAIVA, R.C.D. Mapping spatial-temporal sediment dynamics of river-floodplains in the Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 221, p. 94-107, 2019.

FÖEGER, L.B.; BUARQUE, D.C.; PONTES, P.R.M.; FAGUNDES, H.O.; FAN, F.M. Large-scale sediment modeling with inertial flow routing: Assessment of Madeira river basin. **Environmental Modelling & Software**, v. 149, n. 105332, 2022.

FOLETO, E.M. A Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil e Rio Grande do Sul. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, X., 2005, Universidade de São Paulo. **Anais...** São Paulo: Portal de Revistas da USP, 2005. p. 5266-5283.

GAMA. 2016. **Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Camaquã**. Gama Engenharia e Recursos Hídricos, Comitê Camaquã. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 11107-0500/12-8.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Divisão Hidrográfica Nacional** – DHN250, Versão 2021.09.24. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2021. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/31653-bacias-e-divisoes-hidrograficas-do-brasil.html>>. Acesso em: 07 ago. 2022.

INFRA-GEO. 2012. **Processo de Planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo**. INFRA-GEO Engenharia, Geotecnia e Meio Ambiente Ltda., Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 004712-0500/09-0.

JULIEN, P. Y. **Erosion and sedimentation**. 1 ed. Cambridge. Cambridge University Press, 1998. 277p.

KASNECI, E.; SESSLER, K.; KÜCHEMANN, S.; BANNERT, M.; DEMENTIEVA, D.; FISCHER, F.; & KASNECI, G. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. **Learning and Individual Differences**, v. 103, 102274, April 2023, ISSN: 1041-6080.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2 ed. São Paulo. Editora Oficina de Textos, 2010. 216p.

LUND, Brady D. & WANG, Ting. Chatting about ChatGPT: how may AI and GPT impact academia and libraries? **Library Hi Tech News** – Emerald Publishing Limited, 0741-9058, January 2023, DOI: 10.1108.

MAGNA. 2020. **Plano da Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê-Inhandava**. Magna Engenharia Ltda., Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê-Inhandava. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo N° 12621-0500/12-3.

MARTINS, J.V.R. O acesso à informação ambiental e a gestão hídrica: uma análise da implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). **Revista Eletrônica de Ciência Política**, v.8, n.3, p.33-57, 2017.

MERRITT, W.S.; LETCHER, R.A.; JAKEMAN, A.J. A review of erosion and sediment transport models. In: **Environmental modelling & software**, v. 18, n. 8-9, p. 761-799, 2003.

OpenAI. **ChatGPT General FAQ**. © 2022. Disponível em: <<https://help.openai.com/en/articles/6783457-chatgpt-general-faq>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

PANDEY, A.; HIMANSHU, S.K.; MISHRA, S.K.; SINGH, V.P. Physically based soil erosion and sediment yield models revisited. In: **Catena**, v. 147, p. 595-620, 2016.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. In: **Science Magazine**. v. 267. p.1117-1123. 1995.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L.L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados** – Portal de Revistas da USP, São Paulo, v. 22, n.63, p.43-60, 2008.

PROFILL. 2012. **Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí**. PROFILL Engenharia e Ambiente S.A., Comitê Ibicuí. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo Nº 004714-0500/09.6.

PROFILL. 2012. **Processo de Planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí**. PROFILL Engenharia e Ambiente S.A., Comitê Ijuí. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo Nº 000129-05.00/10-7.

PROFILL. 2014. **Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. PROFILL Engenharia e Ambiente S.A., Comitê Sinos. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo Nº 012619-05.00/12-3.

PROFILL. 2015. **Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Caí**. PROFILL Engenharia e Ambiente S.A., Comitê Caí. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo Nº 012617-05.00/12-8.

PROFILL. 2016. **Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria**. PROFILL Engenharia e Ambiente S.A., Comitê Santa Maria. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo Nº 012614-05.00/12-0.

RIO GRANDE DO SUL, 1988. Decreto Nº 32.774, de 17 de março de 1988. Cria o Comitê de Preservação e Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos e aprova a seu Estatuto. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS. 17 mar. 1988. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.asp?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=20319&hTexto=&Hid_IDNorma=20319>. Acesso em: 17 jan. 2022.

RIO GRANDE DO SUL, 1989. Decreto Nº 33.125, de 15 de fevereiro de 1989. Cria o Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Gravataí. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS. 16 fev. 1989. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/m010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=19587&hTexto=&Hid_IDNorma=19587>. Acesso em: 30 abr. 2022.

RIO GRANDE DO SUL, 1994. Decreto N° 35.103, de 01 de fevereiro de 1994. Cria o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria e aprova seu estatuto. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS. 03 fev. 1994. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.asp?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=13898&hTexto=&Hid_IDNorma=13898>. Acesso em: 07 jul. 2022.

RIO GRANDE DO SUL, 2019. Decreto N° 54.550, de 2 de abril de 2019. Dispõe sobre a estrutura básica da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS. 3 abr. 2019. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2054.550.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. [Constituição (1989)]. **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**: promulgada em 3 de outubro de 1989. Edição atual: 2022. Porto Alegre, RS: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1989. Disponível em: <<http://www2.al.rs.gov.br/dal/LinkClick.aspx?fileticket=IiPguzuGBtw%3d&tabid=3683&mid=5358>>.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n° 53.885, de 16 de janeiro de 2018. Institui a subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul em Bacias Hidrográficas. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, 17 jan. 2018. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/08095109-decreto-53885-2017.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Lei n° 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, 1 jan. 1995. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/replegis/arquivos/10.350.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

ROSSONI, R.B.; FAN, F.M.; SANTOS, L.L. Aplicação do Google Earth Engine (GEE) para a obtenção de dados de calibração de modelos hidrossedimentológicos de grande escala. In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, XIV, 2020, **Anais...** Campinas (SP): Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro), 2020, ISSN: 2359-2141.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento. **Nota Técnica n° 002/2020/DIPLA/DRHS**: Inserção de municípios e bacias hidrográficas no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2020a.

Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202009/04180448-nt-dipla-2020-002-municipios-e-bacias.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento. **Nota Técnica nº 003/2020/DIPLA/DRHS**: Cálculo da população das bacias hidrográficas no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2020b. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202009/04180448-nt-dipla-2020-002-municipios-e-bacias.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Röessler. **Base Cartográfica do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:25.000**: BCRS25. Porto Alegre: 2018 (Versão 1.0). Disponível em: <<http://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. Recursos Hídricos e Saneamento, 2022. **Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SILVA, J.A.F.; REIS, C.H. Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos no Brasil. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campo dos Goytacazes/RJ, v.4, n.2, p.139-153, 2010.

STE. 2012. **Plano de Bacia do Taquari-Antas**. Ste Serviços Técnicos de Engenharia S.A., Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo Nº 4715-0500/09-9.

STE. 2021. **Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. Ste Serviços Técnicos de Engenharia S.A., Comitê Tramandaí. Elaborado no âmbito do Processo Administrativo Nº 12616-0500/12-5.

TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. 2.ed., Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS; ABRH, 2005. 680p.

VANONI, V.A. **Sedimentation Engineering**. 1 ed., New York. American Society of Civil Engineers (ASCE). 1977. 745p.

WALLING, D.E. The sediment delivery problem. In: **Journal of Hydrology**, v. 65, n. 1-3, p. 209-237, 1983.

WILLIAMS, J.R. Sediment-yield prediction with Universal Equation using Runoff energy factor. In: **Proceedings of the Sediment-Yield Workshop**, ARS-S-40, p. 244-252, 1975.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. In: **Agriculture Handbook**. n.282. Washington, D.C., 1965. 47p.

8 ANEXOS

8.1 TRABALHOS CIENTÍFICOS ORIUNDOS DE PESQUISA NA BASE DE DADOS SCOPUS E SUAS RESPECTIVAS ABORDAGENS QUANTO À AVALIAÇÃO DE PERDA DE SOLOS E/OU PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Tabela 11. Relação completa de artigos avaliados, oriundos da base de dados Scopus, considerando os filtros de busca aplicados.

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Rainstorm sediment events in heterogeneous karst small watersheds: Process characteristics, prediction modeling and management enlightenment	2023	Índice de conectividade de sedimentos
Applicability comparison of various precipitation products of long-term hydrological simulations and their impact on parameter sensitivity	2023	SWAT Model
Coupled Thorens and Soil Conservation Service Models for Soil Erosion Assessment in a Loess Plateau Watershed, China	2023	SCS-CN e Thorens Models
Calibrating APEX model for predicting surface runoff and sediment loss in a watershed – a case study in Shivalik region of India	2023	APEX Model
An Assessment of Ongoing Developments in Water Resources Management Incorporating SWAT Model: Overview and Perspectives	2022	SWAT Model
Soil Erosion, Sediment Yield, and Runoff Modeling of the Megech Watershed Using the GeoWEPP Model	2022	WEPP Model
Evaluation of the water conservation capacity of the Weihe River Basin based on the Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs model	2022	*
Runoff sediment characteristics affected by erosive rainfall patterns in a small watershed in karst areas of southwest China	2022	Coletas de campo
An Enhanced Feed-Forward Back Propagation Levenberg–Marquardt Algorithm for Suspended Sediment Yield Modeling	2022	Modelo de redes neurais artificiais (ANN - artificial neural network)
An improved MUSLE model incorporating the estimated runoff and peak discharge predicted sediment yield at the watershed scale on the Chinese Loess Plateau	2022	MUSLE aprimorada
Projecting Future Precipitation in the Yellow River Basin Based on CMIP6 Models	2022	*
Morphometric deterministic model for prediction of sediment yield index for selected watersheds in upper Narmada Basin	2022	Modelo determinístico morfométrico (<i>morphometric deterministic models</i>)

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
WEPPcloud: An online watershed-scale hydrologic modeling tool. Part II. Model performance assessment and applications to forest management and wildfires	2022	WEPP Model
Capability and Robustness of Novel Hybridized Artificial Intelligence Technique for Sediment Yield Modeling in Godavari River, India	2022	Modelo de redes neurais artificiais (<i>artificial neural network</i>)
Assessment of soil erosion risk in a semi-arid climate watershed using SWAT model: case of Tata basin, South-East of Morocco	2022	SWAT Model
Effects of a cascade reservoir system on runoff and sediment yields in a River Basin of southwestern China	2022	*
Predicting the potential impact of forest fires on runoff and sediment loads using a distributed hydrological modeling approach	2022	SWAT Model
Effects of climate and land use changes on water quantity and quality of coastal watersheds of Narragansett Bay	2022	SWAT Model
Rainfall, runoff, and suspended sediment dynamics at the flood event scale in a Loess Plateau watershed, China	2022	Dados de estações sedimentométricas
Simulation Accuracy of EROSION-3D Model for Estimation of Runoff and Sediment Yield from Micro-Watersheds	2022	EROSION-3D Model
A novel approach to estimating soil yield risk in fire prone ecosystems	2022	WEPP Model
Process-constrained statistical modeling of sediment yield	2022	Modelo estocástico de produção de sedimentos (<i>Copula theory</i>)
Sediment yield modeling in Awash Melkasa dam watershed, upper Awash River basin, Ethiopia	2022	SWAT Model
Integrating Streambank Erosion with Overland and Ephemeral Gully Models Improves Stream Sediment Yield Simulation	2022	AnnAGNPS Model, REGEM Model e Dados de estações sedimentométricas
A Union of Dynamic Hydrological Modeling and Satellite Remotely-Sensed Data for Spatiotemporal Assessment of Sediment Yields	2022	SWAT Model
Modelling streamflow and sediment yield from two small watersheds of Kashmir Himalayas, India	2022	SWAT Model
Response of Variation of Water and Sediment to Landscape Pattern in the Dapoling Watershed	2022	SWAT Model
Modeling seasonal sediment yields for a medium-scale temperate forest/agricultural watershed	2022	SWAT Model
Modeling sediment yield of Rib watershed, Northwest Ethiopia	2022	SWAT Model

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Variance decomposition of forecasted sediment transport in a lowland watershed using global climate model ensembles	2022	SWAT Model
Modelling streamflow and sediment yield using soil and water assessment tool: A case study of lidder watershed in Kashmir Himalayas, India	2022	SWAT Model
Evaluation of ecosystem-based adaptation measures for sediment yield in a tropical watershed in Thailand	2021	SWAT Model
Simplified sediment yield index incorporating parameter stream length	2021	Relação entre o comprimento da rede de drenagem e <i>Sediment Yield Index (SYI)</i>
Soil erosion modeling of watershed using cubic, quadratic and quintic splines	2021	SCS-CN e <i>Sediment Yield Index (SYI)</i>
Modelling runoff and sediment yield using GeoWEPP: a study in a watershed of lesser Himalayan landscape, India	2021	WEPP Model
Multi-step calibration approach for SWAT model using soil moisture and crop yields in a small agricultural catchment	2021	SWAT Model
Modeling daily surface runoff, sediment and nutrient loss at watershed scale employing Arc-APEX model interfaced with GIS: a case study in Lesser Himalayan landscape	2021	APEX Model
Evaluating the Effectiveness of Best Management Practices On Soil Erosion Reduction Using the SWAT Model: for the Case of Gumara Watershed, Abbay (Upper Blue Nile) Basin	2021	SWAT Model
Sediment balance estimation of the 'cuvette centrale' of the congo river basin using the swat hydrological model	2021	SWAT Model
Comprehensive assessment and scenario simulation for the future of the hydrological processes in Dez river basin, Iran	2021	SWAT Model
Climate Patterns in the World's Longest History of Storm-Erosivity: The Arno River Basin, Italy, 1000–2019 CE	2021	Dados de estações sedimentométricas
Analysis of the impact of land use changes on soil erosion intensity and sediment yield using the intero model in the talar watershed of iran	2021	Intensity of Erosion and Outflow (IntErO)
Integrated technology for evaluation and assessment of multi-scale hydrological systems in managing nonpoint source pollution	2021	AnnAGNPS Model
Climate and hydrologic ensembling lead to differing streamflow and sediment yield predictions	2021	SWAT Model
Sediment fate and transport: Influence of sediment source and rainfall	2021	WEPP Model

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
A hydrological modelling-based approach for vulnerable area identification under changing climate scenarios	2021	SWAT Model
Socioeconomic development mitigates runoff and sediment yields in a subtropical agricultural watershed in southern China	2021	Dados de estações sedimentométricas
Spatiotemporal Modelling of Water Balance Components in Response to Climate and Landuse Changes in a Heterogeneous Mountainous Catchment	2021	SWAT Model
Modeling soil erosion between 1985 and 2014 in three watersheds on the carbonate-rock dominated Guizhou Plateau, SW China, using WaTEM/SEDEM	2021	WaTEM/SEDEM Model
Geographic information system and process-based modeling of soil erosion and sediment yield in agricultural watershed	2021	USLE com GIS
Deposition- and transport-dominated erosion regime effects on the loss of dissolved and sediment-bound organic carbon: Evaluation in a cultivated soil with laboratory rainfall simulations	2021	Parcela experimental em laboratório
Evaluating runoff and sediment responses to soil and water conservation practices by employing alternative modeling approaches	2021	SWAT Model
Assessment of hydrology and sediment yield in the mekong river basin using swat model	2020	SWAT Model
An effective dynamic runoff-sediment yield modeling for Shakkar watershed, Central India	2020	Dados de estações sedimentométricas e <i>Sediment Yield Index (SYI)</i>
Watershed-scale vegetation, water quantity, and water quality responses to wildfire in the southern Appalachian mountain region, United States	2020	*
Integrated GIS-based RUSLE approach for quantification of potential soil erosion under future climate change scenarios	2020	RUSLE com GIS
Assessing the impacts of historical and future land use and climate change on the streamflow and sediment yield of a tropical mountainous river basin in South India	2020	SWAT Model
Spatially distributed simulations of dry and wet season sediment yields: A case study in the lower Rio Loco watershed, Puerto Rico	2020	SWAT Model
Improving hydrologic simulations of a small watershed through soil data integration	2020	SWAT Model
Sediment Routing and Floodplain Exchange (SeRFE): A Spatially Explicit Model of	2020	Sediment Routing and Floodplain Exchange (SeRFE) Model

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Sediment Balance and Connectivity Through River Networks		
Assessment of soil erosion, sediment yield and basin specific controlling factors using RUSLE-SDR and PLSR approach in Konar river basin, India	2020	RUSLE e <i>Sediment Delivery Ratio</i> (SDR)
Evaluation of Conservation Effects Assessment Project Grazing Lands conservation practices on the Cienega Creek watershed in southeast Arizona with AGWA/RHEM modeling tools	2020	Rangeland Hydrology Erosion Model (RHEM)
A process-based, fully distributed soil erosion and sediment transport model for WRF-hydro	2020	WRF-Hydro-Sed Model
A Channel Network Model for Sediment Dynamics Over Watershed Management Time Scales	2020	Desenvolvimento de um modelo próprio para avaliação da dinâmica de sedimentos no canal
Long-term, process-based, continuous simulations for a cluster of six smaller, nested rangeland watersheds near Tombstone, AZ (USA): Establishing a baseline for event-based runoff and sediment yields	2020	WEPP Model
Micro-watershed management for erosion control using soil and water conservation structures and SWAT modeling	2020	SWAT Model
Interaction of wind and cold-season hydrologic processes on erosion from complex topography following wildfire in sagebrush steppe	2020	*
A regression-based prediction model of suspended sediment yield in the Cuyahoga river in Ohio using historical satellite images and precipitation data	2020	<i>Multiple Linear Regression</i> (MLR), dados de sensoriamento remoto e dados de estações sedimentométricas
Hydrological foretelling uncertainty evaluation of water balance components and sediments yield using a multi-variable optimization approach in an external Rif's catchment. Morocco	2020	SWAT Model
Land susceptibility to water and wind erosion risks in the East Africa region	2020	RUSLE
Modeling forest management effects on water and sediment yield from nested, paired watersheds in the interior Pacific Northwest, USA using WEPP	2020	WEPP Model
Watershed models for assessment of hydrological behavior of the catchments: A comparative study	2020	Revisão de diferentes modelos disponíveis de estimativa perda de solos e produção de sedimentos

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Using SWAT to evaluate streamflow and lake sediment loading in the xinjiang river basin with limited data	2020	SWAT Model
Effect of rain peak morphology on runoff and sediment yield in miyunwater source reserve in China	2019	Dados de estações sedimentométricas
Modeling the impacts of land use–land cover changes on soil erosion and sediment yield in the Andassa watershed, upper Blue Nile basin, Ethiopia	2019	RUSLE com dados de sensoriamento remoto
Assessment of landuse change impact on runoff and sediment yield of Patiala-Ki-Rao watershed in Shivalik foot-hills of northwest India	2019	WEPP Model
Reconstruction of seasonal net erosion in a mediterranean landscape (Alento River Basin, Southern Italy) over the past five decades	2019	Curva-chave de sedimentos
Multiple modeling to estimate sediment loss and transport capacity employing hourly rainfall and In-Situ data: A prioritization of highland watershed in Awash River basin, Ethiopia	2019	MUSLE, SWAT Model, WaTEM/SEDEM, <i>Sediment Delivery Ratio</i> (SDR) e <i>Sediment Yield Index</i> (SYI)
Estimating the responses of hydrological and sedimental processes to future climate change in watersheds with different landscapes in the Yellow River Basin, China	2019	Generalized Watershed Loading Functions (GWLF) Model
Role of satellite and reanalysis precipitation products in streamflow and sediment modeling over a typical alpine and gorge region in Southwest China	2019	SWAT Model
How land use/land cover changes can affect water, flooding and sedimentation in a tropical watershed: a case study using distributed modeling in the Upper Citarum watershed, Indonesia	2019	TETIS Model
An Event-Based Sediment Yield and Runoff Modeling Using Soil Moisture Balance/Budgeting (SMB) Method	2019	SCS-CN Method e Soil Moisture Balance (SMB) Method
Equilibrium sediment exchange in the earth's critical zone: evidence from sediment fingerprinting with stable isotopes and watershed modeling	2019	SWAT Model
Predicting non-point source of pollution in Maithon reservoir using a semi-distributed hydrological model	2019	SWAT Model
Event-based sediment yield modeling for small watersheds using MUSLE in north-central Nigeria	2019	MUSLE
Enhanced field-scale characterization for watershed erosion assessments	2019	AnnAGNPS Model e RUSLE

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Run-off–erosion modelling and water balance in the Epiitácio Pessoa Dam river basin, Paraíba State in Brazil	2019	SWAT Model
A case study for the assessment of the suitability of gridded reanalysis weather data for hydrological simulation in Beas river basin of North Western Himalaya	2019	SWAT Model
Predictive models to estimate sediment volumes deposited by debris flows (Vargas state, Venezuela): an adjustment of multivariate statistical techniques	2019	*
Modeling runoff and sediment yield of Kesem dam watershed, Awash basin, Ethiopia	2019	SWAT Model
Modelling runoff and sediment loads in a developing coastal watershed of the US-Mexico border	2019	AnnAGNPS Model
Functions of traditional ponds in altering sediment budgets in the hilly area of the Three Gorges Reservoir, China	2019	WaTEM/SEDEM Model
Modeling sediment yields and stream stability due to sediment-related disaster in Shihmen reservoir watershed in Taiwan	2019	NETSTARS Model
Assessment of potential soil erosion and sediment yield in the semi-arid N'fis basin (High Atlas, Morocco) using the SWAT model	2019	SWAT Model
Runoff-sediment dynamics under different flood patterns in a Loess Plateau catchment, China	2019	Dados de estações sedimentométricas
Evaluation of sediment load reduction by natural riparian vegetation in the Goodwin Creek watershed	2019	AnnAGNPS Model
Modeling the impacts of agricultural best management practices on runoff, sediment, and crop yield in an agriculture-pasture intensive watershed	2019	SWAT Model
Temporal and spatial signatures of sediment transport at the watershed scale: An approach to understand the behavior of the watershed	2019	Tsinghua Representative Elementary Watershed (THREW) Model
Parameter evaluation for soil erosion estimation on small watersheds using SWAT model	2019	SWAT Model
Dynamic modeling of sediment budget in Shihmen Reservoir Watershed in Taiwan	2018	Grid-based Sediment Production and Transport Model (GSPTM)
Soil erosion modelling and risk assessment in data Scarce Rift Valley Lake Regions, Ethiopia	2018	SWAT Model
Comparison of cubic, quadratic, and quintic splines for soil erosion modeling	2018	SCS-CN e <i>Sediment Yield Index (SYI)</i>
A regional suspended load yield estimation model for ungauged watersheds	2018	Modelo de redes neurais artificiais (<i>artificial neural</i>

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
		<i>network</i>) e <i>Multiple Linear Regression</i> (MLR)
A Comparison of SWAT Model Calibration Techniques for Hydrological Modeling in the Ganga River Watershed	2018	SWAT Model
Modelling soil erosion in a Mediterranean watershed: Comparison between SWAT and AnnAGNPS models	2018	SWAT Model e AnnAGNPS Model
Integrated impact assessment of soil and water conservation structures on runoff and sediment yield through measurements and modeling in the Northern Ethiopian highlands	2018	WEPP Model
Application of SWAT model for predicting soil erosion and sediment yield	2018	SWAT Model
Biomass production in the Lower Mississippi River Basin: Mitigating associated nutrient and sediment discharge to the Gulf of Mexico	2018	SWAT Model
GIS-based modelling of soil erosion processes using the modified-MMF (MMMMF) model in a large watershed having vast agro-climatological differences	2018	Modified-MMF Model
Application of cubic spline in soil erosion modeling from Narmada Watersheds, India	2018	SCS-CN e <i>Sediment Yield Index</i> (SYI)
Sediment related impacts of climate change and reservoir development in the Lower Mekong River Basin: a case study of the Nam Ou Basin, Lao PDR	2018	SWAT Model
Modeling the impacts of changing climatic extremes on streamflow and sediment yield in a northeastern US watershed	2018	HSVM-BSTEM Model
Predicting sediment yield and transport dynamics of a cold climate region watershed in changing climate	2018	SWAT Model
Topographic filtering simulation model for sediment source apportionment	2018	Topographic Filtering Simulation Model (Topofilter)
Impacts of projected climate change on sediment yield and dredging costs	2018	SWAT Model
Effects of the land use/cover on the surface runoff and soil loss in the Niğde-Akkaya Dam Watershed, Turkey	2018	Parcela experimental em campo
Hydrological modeling of the Mikkés watershed (Morocco) using ARCSWAT model	2018	SWAT Model
Effects of historical and projected land use/cover change on runoff and sediment yield in the Netravati river basin, Western Ghats, India	2018	SWAT Model
Evaluation of bioenergy crop growth and the impacts of bioenergy crops on streamflow, tile	2018	SWAT Model

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
drain flow and nutrient losses in an extensively tile-drained watershed using SWAT		
Modeling climate and landuse change impacts on streamflow and sediment yield of an agricultural watershed using SWAT	2018	SWAT Model
A simulation study to estimate effects of wildfire and forest management on hydrology and sediment in a forested watershed, Northwestern U.S.	2018	WEPP Model
Predicting the impact of drainage ditches upon hydrology and sediment loads using KINEROS 2 model: A case study in Ontario	2018	KINEROS 2 Model
Modelling of runoff and sediment yield using ANN, LS-SVR, REPTree and M5 models	2017	5 Machine Learning Models (ANNLM, ANNSCG, LS-SVR, REPTree, M5)
Modeling the responses of water and sediment discharge to climate change in the upper yellow river basin, China	2017	SWAT Model
Cost-effectiveness analysis of different watershed management scenarios developed by simulation- optimization model	2017	SWAT Model
Modeling the impact of climate change on watershed discharge and sediment yield in the black soil region, northeastern China	2017	TETIS Model
Estimation of sediment yield change in a loess Plateau basin, China	2017	SWAT Model
Modeling runoff–sediment response to land use/land cover changes using integrated GIS and SWAT model in the Beressa watershed	2017	SWAT Model
Comparison of SWAT and GWLF model simulation performance in humid south and semi-arid north of China	2017	SWAT Model e GWLF Model
Modelling the Hydro-Sedimentary Dynamics of a Mediterranean Semiarid Ungauged Watershed Beyond the Instrumental Period	2017	TETIS Model
Parameterization of the Effect of Bench Terraces on Runoff and Sediment Yield by Swat Modeling in a Small Semi-arid Watershed in Northern Tunisia	2017	SWAT Model
Evaluating the impact of management scenarios and land use changes on annual surface runoff and sediment yield using the GeoWEPP: a case study from the Lighvanchai watershed, Iran	2017	WEPP Model
Scale Independence and Spatial Uniformity of Specific Sediment Yield in Loess Areas of the Wuding River Basin, Northwest China	2017	Dados de estações sedimentométricas
Impact of tile drainage on water budget and spatial distribution of sediment generating areas in an agricultural watershed	2017	SWATDRAIN Model

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
A semi-physical sediment yield model for estimation of suspended sediment in loess region	2017	Novo modelo semi-físico de produção de sedimentos em bacias hidrográficas
Event runoff and sediment-yield neural network models for assessment and design of management practices for small agricultural watersheds	2017	Modelo de redes neurais artificiais (<i>artificial neural network</i>)
Runoff, sediment load and land use/cover change relationship: the case of Maybar sub-watershed, South Wollo, Ethiopia	2017	Curva-chave de sedimentos
Hydrossedimentological simulation of the quatorze river watershed, francisco beltrão (Paraná, Brazil)	2017	SWAT Model
Comparison of field jet erosion tests and WEPP-predicted erodibility parameters for varying land cover	2017	WEPP Model
Characteristics of suspended sediment loadings under asian summer monsoon climate using the hydrological simulation program-FORTRAN	2017	Hydrologic Simulation Program-FORTRAN (HSPF)
Comparison of different targeting methods for watershed management practices implementation in Taleghan dam watershed, Iran	2016	SWAT Model
Hyper-concentrated flow response to aeolian and fluvial interactions from a desert watershed upstream of the Yellow River	2016	Envolve processos eólicos
Testing of coupled SCS curve number model for estimating runoff and sediment yield for eleven watersheds	2016	SCS-CN Method e USLE
Terrestrial sediment yield projection under the bias-corrected nonstationary scenarios with hydrologic extremes	2016	SWAT Model
Modeling hillslope sediment yield using rainfall simulator field experiments and partial least squares regression: Cahaba River watershed, Alabama (USA)	2016	Parcela experimental em campo
Model parameter transfer for streamflow and sediment loss prediction with SWAT in a tropical watershed	2016	SWAT Model
Impact of climate change on sediment yield for Naran watershed, Pakistan	2016	SHETRAN Model
Assessing potassium environmental losses from a dairy farming watershed with the modified SWAT model	2016	SWAT Model
Runoff and sediment yield modeling using SWAT model: Case of Wadi Hatab basin, central Tunisia	2016	SWAT Model
Land use can offset climate change induced increases in erosion in Mediterranean watersheds	2016	TETIS Model

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Modeling the sediment yield and the impact of vegetated filters using an event-based soil erosion model—a case study of a small Canadian watershed	2016	MHYDAS-Erosion Model
Assessing the Impact of Climate Change on Sediment Loads in a Large Mediterranean Watershed	2016	SWAT Model
Contrasting watershed-scale trends in runoff and sediment yield complicate rangeland water resources planning	2016	Análise de deposição de sedimentos em reservatórios usando radioisótopos de chumbo e céσιο
Assessment of surface runoff and sediment yield using WEPP model	2016	WEPP Model
Assessing the impacts of climate change and tillage practices on stream flow, crop and sediment yields from the Mississippi River Basin	2016	SWAT Model
Watershed-scale evaluation of the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model in the Lake Tahoe basin	2016	WEPP Model
Can the water erosion prediction project model be used to estimate best management practice effectiveness from forest roads?	2016	WEPP Model
Evaluating ephemeral gully erosion impact on Zea mays L. yield and economics using AnnAGNPS	2016	AnnAGNPS Model
Land use and climate change effects on soil erosion in a semi-arid mountainous watershed (High Atlas, Morocco)	2015	STREAM Model
Runoff and sediment yield modeling using ANN and support vector machines: a case study from Nepal watershed	2015	Modelo de redes neurais artificiais (<i>artificial neural network</i>)
Evaluating the influence of spatial resolutions of DEM on watershed runoff and sediment yield using SWAT	2015	SWAT Model
Optimal ecological management practices for controlling sediment yield and peak discharge from hilly urban areas	2015	Não foi possível acessar o trabalho
Modeling the effects of climate change on water, sediment, and nutrient yields from the Maumee River watershed	2015	SWAT Model
Identification of revailing storm runoff generation mechanisms in an intensively cultivated catchment	2015	Parcela experimental em campo
Using detailed monitoring data to simulate spatial sediment loading in a watershed	2015	SWAT Model
Sediment yield estimation in a small watershed on the northern loess plateau, china	2015	WaTEM/SEDEM Model

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Testing the effects of detachment limits and transport capacity formulation on sediment runoff predictions using the U.S. Army Corps of engineers GSSHA model	2015	Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis (GSSHA) Model
Evaluation of a GIS-based watershed model for streamflow and sediment-yield simulation in the Upper Baitarani River Basin of Eastern India	2015	SWAT Model
Inductive group method of data handling neural network approach to model basin sediment yield	2015	Modelo de redes neurais artificiais (<i>artificial neural network</i>)
Soil erosion and sediment-yield prediction at basin scale in upstream watershed of Miyun reservoir	2015	Não foi possível acessar o trabalho
Sediment fingerprinting for calibrating a soil erosion and sediment-yield model in mixed land-use watersheds	2015	Não foi possível acessar o trabalho
Accounting for conceptual soil erosion and sediment yield modeling uncertainty in the APEX model using bayesian model averaging	2015	APEX Model
Application of SWAT model and geospatial techniques for sediment-yield modeling in ungauged watersheds	2015	SWAT Model
Identification of critical erosion watersheds for control management in data scarce condition using the SWAT model	2015	SWAT Model
Detailed spatial analysis of SWAT-simulated surface runoff and sediment yield in a mountainous watershed in China	2015	SWAT Model
Identification and management of critical erosion watersheds for improving reservoir life using hydrological modeling	2015	SWAT Model
Modeling of sediment yield in Maybar gauged watershed using SWAT, northeast Ethiopia	2015	SWAT Model
Application of principal component analysis in grouping geomorphic parameters of a watershed for hydrological modeling	2015	Envolve apenas processos hidrológicos, sem correlação com sedimentos
Modelling the effects of land-use change on runoff and sediment yield in the Weicheng River watershed, Southwest China	2015	MUSLE e SDR (<i>Sediment Delivery Ratio</i>)
A modeling approach to evaluate the impact of conservation practices on water and sediment yield in Sasumua Watershed, Kenya	2015	SWAT Model
Development of the spatial rainfall generator (SRGEN) for the agricultural policy/environmental extender model	2015	APEX Model
Storm event flow and sediment simulations in a central New York watershed: Model testing and parameter analyses	2015	Dynamic Watershed Simulation Model (DWSM)

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Modeling typhoon-induced alterations on river sediment transport and turbidity based on dynamic landslide inventories: Gaoping River Basin, Taiwan	2015	SWAT Model
Spatial distribution of soil erosion and suspended sediment transport rate for Chou-Shui river basin	2014	Physiographic Soil Erosion-Deposition Model (PSED)
Attribution of climate change, vegetation restoration, and engineering measures to the reduction of suspended sediment in the Kejie catchment, southwest China	2014	SWAT Model
Modeling of Sediment Yield Prediction Using M5 Model Tree Algorithm and Wavelet Regression	2014	Modelos de <i>machine learning</i> e redes neurais artificiais (<i>artificial neural network</i>)
Evaluation of the AnnAGNPS model for predicting runoff and sediment yield in a small Mediterranean agricultural watershed in Navarre (Spain)	2014	AnnAGNPS Model
Detecting soil disturbance/restoration effects on stream sediment loading in the Lake Tahoe Basin, USA-modelling predictions	2014	Loading Simulation Program in C++ (LSPC)
Development of a time-stepping sediment budget model for assessing land use impacts in large river basins	2014	SedNet Model
Relationship between SCS-CN and sediment yield	2014	SCS-CN e <i>Sediment Yield Index</i> (SYI)
Hydrological modeling to identify and manage critical erosion-prone areas for improving reservoir life: Case study of Barakar Basin	2014	SWAT Model
Spatial decision assistance of watershed sedimentation (SDAS): Development and application	2014	USLE e SDR (<i>Sediment Delivery Ratio</i>)
Modelling the seasonal response of sediment yield to climate change in the Laos-Vietnam transnational upper Ca river watershed	2014	SWAT Model
Rangeland watershed study using the Agricultural Policy/Environmental eXtender	2014	APEX Model
Hydrosedimentology of nested subtropical watersheds with native and eucalyptus forests	2014	LISEM Model
Impact of spatial input data resolution on hydrological and erosion modeling: Recommendations from a global assessment	2014	SWAT Model
Evaluating the impact of land use uncertainty on the simulated streamflow and sediment yield of the Seyhan River basin using the SWAT model	2014	SWAT Model
Identification of effective best management practices in sediment yield diminution using GeoWEPP: The Kasilian watershed case study	2013	WEPP Model

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Effect of nutrient management planning on crop yield, nitrate leaching and sediment loading in thomas brook watershed	2013	SWAT Model
Modeling post-fire water erosion mitigation strategies	2013	RUSLE
Modeling erosion and sedimentation coupled with hydrological and overland flow processes at the watershed scale	2013	Model tRIBS-OFM e Hairsine-Rose formulation
Application of remotely sensed imagery to watershed analysis a case study of Lake Karoun, Egypt	2013	*
Partial least-squares regression for linking land-cover patterns to soil erosion and sediment yield in watersheds	2013	SWAT Model
Modeling the effects of climate change and human activities on the hydrological processes in a semiarid watershed of Loess Plateau	2013	SWAT Model
Modeling the impact of land use changes on runoff and sediment yield in the le sueur watershed, minnesota using GeoWEPP	2013	WEPP Model
Modeling the sediment yield from landslides in the Shihmen Reservoir watershed, Taiwan	2013	Hydrologic Simulation Program-FORTRAN (HSPF)
Applying online WEPP to assess forest watershed hydrology	2013	WEPP Model
Modeling runoff and soil erosion in the Three-Gorge Reservoir drainage area of China using limited plot data	2013	WetSpa Extension Model e SDR
Physically-based distributed soil erosion and sediment yield model (DREAM) for simulating individual storm events	2013	DREAM (Distributed Runoff and Erosion Assessment) Model
Runoff and sediment modeling in a peri-urban artificial landscape: Case study of Olympic Forest Park in Beijing	2013	Dynamic Watershed Simulation Model (DWSM)
Modelling the impacts of subsurface drainage on surface runoff and sediment yield in the Le Sueur Watershed, Minnesota, USA	2013	WEPP Model
Impacts of land use change on watershed streamflow and sediment yield: An assessment using hydrologic modelling and partial least squares regression	2013	SWAT Model
Assessing the impacts of crop-rotation and tillage on crop yields and sediment yield using a modeling approach	2013	SWAT Model
Runoff and sediment yield modeling in a medium-size mediterranean watershed	2013	AnnAGNPS Model
Comparison of artificial neural network models for sediment yield prediction at single gauging station of watershed in eastern India	2013	Modelo de redes neurais artificiais (<i>artificial neural network</i>)

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Modeling and analysis of effects of precipitation and vegetation coverage on runoff and sediment yield in Jinsha River Basin	2013	ANFIS Model
Paying for sediment: Field-scale conservation practice targeting, funding, and assessment using the Soil and Water Assessment Tool	2013	SWAT Model
Spatial modelling of soil erosion potential in a mountainous watershed of South-eastern Serbia	2013	USLE com GIS
Assessing sediment yield for selected watersheds in the Laurentian Great Lakes basin under future agricultural scenarios	2013	SWAT Model
Evaluation of spatial variability on hydrology and nutrient source loads at watershed scale using a modeling approach	2012	SWAT Model
Flow and sediment yield simulations for Bukit Merah Reservoir catchment, Malaysia: A case study	2012	SWAT Model
Spatial soil erosion and sediment yield modeling of a watershed using GIS	2012	USLE com GIS
Quantitative simulation tools to analyze up- and downstream interactions of soil and water conservation measures: Supporting policy making in the Green Water Credits program of Kenya	2012	SWAT Model
SWAT application in intensive irrigation systems: Model modification, calibration and validation	2012	SWAT Model
Determination of soil erosion risk in the Mustafakemalpaşa river basin, Turkey, using the revised universal soil loss equation, geographic information system, and remote sensing	2012	RUSLE com GIS
The Contribution of Conservation Practices in Reducing Runoff, Soil Loss, and Transport of Nutrients at the Watershed Level	2012	SWAT Model
Watershed scale application of WEPP and EROSION 3D models for assessment of potential sediment source areas and runoff flux in the Mara River Basin, Kenya	2012	WEPP Model e EROSION 3D Model
Runoff and sediment responses to grazing native and introduced species on highly erodible Southern Great Plains soil	2012	Dados de estações sedimentométricas
SWAT: Model use, calibration, and validation	2012	SWAT Model
Erosion modelling for land management in the Tahoe basin, USA: Scaling from plots to forest catchments	2012	Loading Simulation Program in C++ (LSPC)
Runoff and nutrient losses in citrus orchards on sloping land subjected to different surface mulching practices in the Danjiangkou Reservoir area of China	2012	Parcela experimental em campo

Título do artigo	Ano	Metodologia aplicada
Simulation of soil loss processes based on rainfall runoff and the time factor of governance in the Jialing River Watershed, China	2012	RUSLE com GIS
Evaluation of runoff, peak flow and sediment yield for events simulated by the AnnAGNPS model in a Belgian agricultural watershed	2012	AnnAGNPS Model
Designing management options to reduce surface runoff and sediment yield with farmers: An experiment in south-western France	2012	STREAM Model
Modeling hydrologic processes and NPS pollution in a small watershed in subhumid subtropics using SWAT	2012	SWAT Model
Spatial lumping of a distributed rainfall-sediment-runoff model and its effective lumping scale	2012	Análise de método para agrupamento de modelos distribuídos
An integrated multi-level watershed-reservoir modeling system for examining hydrological and biogeochemical processes in small prairie watersheds	2012	Envolve apenas qualidade da água
Application of loosely coupled watershed model and channel model in Yellow River, China	2012	DYRM Model
Field_SWAT: A tool for mapping SWAT output to field boundaries	2012	SWAT Model
Runoff and Sediment Yield Modelling for a Treated Hilly Watershed in Eastern Himalaya Using the Water Erosion Prediction Project Model	2012	WEPP Model
Comparison of soil and water assessment tool (SWAT) and multilayer perceptron (MLP) artificial neural network for predicting sediment yield in the Nagwa agricultural watershed in Jharkhand, India	2012	SWAT Model e redes neurais artificiais (<i>artificial neural network</i>)
Effects of DEM resolution and watershed subdivision on hydrological simulation in the Xingzihe watershed	2012	SWAT Model
Assessment of runoff and sediment yields using the AnnAGNPS model in a three-gorge watershed of China	2012	AnnAGNPS Model

*Tema do trabalho não aderente ao escopo da pesquisa

8.2 RESULTADOS COMPLETOS OBTIDOS ATRAVÉS DE PERGUNTAS EFETUADAS À FERRAMENTA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL CHATGPT

Tabela 12. Relação de perguntas e respostas completas fornecidas pelo ChatGPT.

Pergunta ao ChatGPT	Título do(s) trabalho(s) retornado(s)	Ano	Autor(es)
Pergunta 1) Poderia me fornecer uma lista de 10 artigos científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?	Modeling sediment yield in a Brazilian watershed using the AnnAGNPS model	2012	Almeida, T. C. R.
	A comparative study of three sediment transport models for predicting suspended sediment concentrations in rivers	2013	Chen, X., et al.
	Modeling sediment transport processes in a small alpine catchment by coupling a hydrological model with an event-based sediment transport model	2014	Mazzoleni, M.
	A new two-dimensional coupled hydrodynamic and sediment transport model for complex river systems	2015	Wang, J., et al.
	The use of unmanned aerial vehicles in fluvial geomorphology: a review of current knowledge and future prospects	2016	Van den Eeckhaut, M., et al.
	Modeling sediment transport in a meandering channel using a three-dimensional morphological model	2017	Wang, Y., et al.
	Hydrodynamic and sediment transport modeling in a mesotidal estuary with suspended sediment concentration feedback	2018	Zhou, Y., et al.
	Modeling sediment transport in large rivers: comparison of one-dimensional and two-dimensional approaches	2019	Duan, P., et al.
	Coupled hydrodynamic and sediment transport modeling for river engineering applications	2020	Kavvas, M. L., et al.
	A hybrid model for simulating sediment transport in meandering rivers with complex channel bedforms	2021	Li, L., et al.
Pergunta 2) Poderia me fornecer uma lista de 10 artigos	Modelagem da erosão e do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica tropical do Brasil usando o modelo SWAT	2012	AF Brito et al.
	Modelagem do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica	2013	L. R. Silva et al.

Pergunta ao ChatGPT	Título do(s) trabalho(s) retornado(s)	Ano	Autor(es)
científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas com estudos de caso no Brasil, publicados a partir do ano de 2012?	urbana no Brasil usando o modelo SWAT		
	Avaliação da precisão de modelos de previsão de erosão em bacias hidrográficas do Brasil	2013	P. L. M. S. Martins et al.
	Aplicação de um modelo hidrossedimentológico para simulação de processos erosivos em uma bacia hidrográfica do sul do Brasil	2014	S. N. E. Cardoso et al.
	Modelagem do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica de cerrado no Brasil usando o modelo SWAT	2015	E. A. L. Lima et al.
	Avaliação de um modelo hidrossedimentológico para simulação de processos erosivos em uma bacia hidrográfica da região sudeste do Brasil	2016	L. C. M. T. Silva et al.
	Modelagem do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica semiárida no Brasil usando o modelo SWAT	2017	G. A. L. Melo et al.
	Modelagem hidrossedimentológica de uma bacia hidrográfica urbana no Brasil utilizando o modelo SWAT	2018	J. R. F. Santos et al.
	Modelagem hidrossedimentológica em uma bacia hidrográfica tropical do Brasil usando o modelo SWAT e dados de sensoriamento remoto	2019	C. M. C. Souza et al.
	Avaliação da erosão e do transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta no Brasil usando o modelo SWAT	2020	F. A. L. Viana et al.
Pergunta 3) Poderia me fornecer uma lista de 10 artigos científicos mais bem avaliados sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas,	A review of sediment transport modelling in rivers: recent progresses and future directions	2018	G. Zhang, L. Li, X. Tang e outros.
	Modelling sediment yield in ungauged catchments: A review	2015	M. C. Westerberg, C. B. Uvo, e P. O. Nyberg.
	Recent advances in sediment transport modeling: A review and evaluation	2017	S. A. Hassan e M. Y. A. Armanuos.
	Sediment transport modeling in rivers: calibration and validation issues	2012	S. S. S. Sarma, J. J. Wang, e V. P. Singh.
	Modelling soil erosion and sediment transport in river basins: progress and prospects	2016	M. Borah, R. Goswami, e B. B. Bhattacharya.

Pergunta ao ChatGPT	Título do(s) trabalho(s) retornado(s)	Ano	Autor(es)
publicados a partir do ano de 2012?	Integrated modeling of hydrology and sediment transport in rivers and catchments: A review of approaches	2018	D. Huang, D. Lu, e H. Zhang.
	A review of sediment transport models in rivers: theories, empirical methods, and applications	2016	K. T. Noh, W. J. Cho, e J. S. Lee.
	Modeling suspended sediment transport in rivers: a review	2019	B. F. A. Basnayaka, S. H. R. M. L. Ranasinghe, e M. S. Babel.
	Comparative evaluation of sediment transport models using field data in a mountainous catchment, South Korea	2018	Y. Kim, J. Choi, e C. Park.
	A review of sediment transport modeling in rivers with implications for salmonid habitat restoration projects	2016	J. B. Dunham, K. E. Holsinger, e R. E. Bixby.
Pergunta 4) Poderia me fornecer uma lista de 10 artigos científicos sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas de grande escala, publicados a partir do ano de 2012?	Multi-scale modeling of suspended sediment transport in the Yangtze River Basin using SWAT and EFDC models	2022	Wu, W., Wu, Y., Li, J., & Zhou, Y.
	Assessing the impacts of climate change and human activities on sediment transport in the Pearl River Basin, China	2021	Chen, Q., Zheng, C., Wu, J., & Li, Z.
	Modeling sediment yield and transport in the Yellow River basin, China: An application of SWAT model	2021	Cheng, Z., Xie, H., Xue, L., Chen, Y., Wu, C., & Lu, H.
	The response of sediment transport in a large-scale river basin to land use and climate change: A case study of the Xijiang River Basin in South China	2020	Zhang, H., Lin, Y., Cai, Y., Wu, L., & Fang, H.
	Development and application of a distributed sediment transport model in large-scale basins	2019	Xu, W., Xu, Y., & Li, Y.
	Modelling and assessing the impact of land use change on sediment yield in the Wei River Basin, China	2019	Liu, D., Li, W., Zhang, J., Wang, H., & Zhang, X.
	Modeling spatial and temporal variation of sediment yield and erosion intensity in the Yangtze River Basin, China	2018	Cui, Y., Guo, S., Wang, Z., & Xu, J.
	Modeling the impact of climate change on sediment yield in the upper Yellow River basin, China	2017	Liu, J., Zhang, Y., Yang, H., & Wang, H.
	Modeling the impact of climate and land use changes on sediment yield in the Jinghe River basin, China	2016	Li, C., Zhang, X., & Liu, H.

Pergunta ao ChatGPT	Título do(s) trabalho(s) retornado(s)	Ano	Autor(es)
	Integrated modeling of land use and climate change impacts on sediment yield in a large-scale watershed	2014	Chen, J., Zhang, Y., Yang, Q., & Chen, X.
Pergunta 5) Poderia me fornecer uma lista de 10 artigos científicos mais relevantes sobre modelagem de sedimentos em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?	Modeling sediment yield in a large mountainous watershed using a distributed hydrological model	2016	Feng, X., Wang, J., Lu, Y., & Zhang, Y.
	A distributed model for simulating sediment transport in small mountainous watersheds	2016	Chen, X., Lu, H., & Chen, Y.
	A new approach for simulating sediment transport in ungauged mountainous watersheds	2015	Zhang, Y., Wang, G., & Sun, W.
	A hybrid model for predicting sediment yield in small agricultural watersheds	2014	Zhang, C., Cao, Y., & Zhao, G.
	Simulation of sediment transport in a small mountainous watershed using the SWAT model	2013	Yu, W., Wang, G., & Zhang, L.
	Development of a distributed model for simulating sediment transport in large-scale watersheds	2015	Chen, X., Lu, H., & Chen, Y.
	Sediment transport modeling in a large river basin using SWAT with dynamic land use and sediment transport capacity	2014	Yang, J., & Huang, C.
	Modeling sediment transport in Wadi Fatimah using HEC-HMS and HEC-RAS models	2013	Al-Juaidi, F. H., Al-Zahrani, M. A., & Al-Saud, M.
	Simulation of sediment transport in the middle reaches of the Yangtze River using a hydrological model with a sediment routing component	2016	Yang, J., Huang, C., & Yao, H.
Sediment delivery estimation in a mountainous watershed by coupling HSPF and SWAT models	2015	Chou, N. T., & Lee, C. H.	
Pergunta 6) Poderia me fornecer uma lista de 10 artigos científicos sobre modelagem de sedimentos utilizando sensoriamento	Sediment yield estimation in a tropical catchment using remote sensing and GIS techniques	2012	Kumar et al.
	Assessing suspended sediment concentration in rivers using remote sensing and hydrodynamic modeling	2013	Yang et al.
	Modeling of sediment transport in a river using remote sensing and hydrodynamic modeling	2014	Zhang et al.
	Quantifying sediment loads in a large river using remote sensing and hydrodynamic modeling	2015	Feng et al.

Pergunta ao ChatGPT	Título do(s) trabalho(s) retornado(s)	Ano	Autor(es)
remoto em bacias hidrográficas, publicados a partir do ano de 2012?	Remote sensing-based modeling of sediment transport and deposition in a small mountainous river	2016	Zhang et al.
	Modeling of suspended sediment concentration in a river using remote sensing and machine learning algorithms	2017	Wang et al.
	Modeling sediment deposition in a coastal wetland using remote sensing and hydrodynamic modeling	2018	Wang et al.
	Estimating sediment yields in a large river basin using remote sensing and hydrodynamic modeling	2019	Xu et al.
	Assessing sediment transport in a braided river using remote sensing and hydrodynamic modeling	2020	Li et al.
	Modeling of sediment transport and deposition in a deltaic estuary using remote sensing and hydrodynamic modeling	2021	Xu et al.

8.3 ESTAÇÕES SEDIMENTOMÉTRICAS DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL IDENTIFICADAS PARA O RIO GRANDE DO SUL (CONSIDERANDO A DIVISÃO HIDROGRÁFICA ESTADUAL)

Tabela 13. Lista de estações com dados sedimentométricos obtidas da Rede Hidrometeorológica Nacional e correlacionadas com as Regiões e Bacias Hidrográficas adotadas para o Estado do Rio Grande do Sul.

Região	Bacia Hidrográfica	Código da estação	Nome da estação	Latitude	Longitude
Guaíba	G010 – Rio Gravataí	-	-	-	-
	G020 – Rio dos Sinos	87361100	UHE CANASTRA JUSANTE	-29,3936	-50,7475
		87374000	TAQUARA MONTANTE	-29,7200	-50,7342
		87380000	CAMPO BOM	-29,6917	-51,0461
	G030 – Rio Caí	87068000	UHE BUGRES DIVISA MONTANTE	-29,3000	-50,5211
		87072000	UHE BUGRES BLANG MONTANTE	-29,3603	-50,5258
		87078000	UHE BUGRES BLANG RIO DO PINTO	-29,3847	-50,5339
		87107000	PCH TOCA MONTANTE	-29,3044	-50,7264
		87120100	PCH PASSO DO INFERNO JUSANTE	-29,2694	-50,7544
		87170000	BARCA DO CAÍ	-29,5900	-51,3833
		87200100	PCH HERVAL JUSANTE	-29,5017	-51,0064
		87270000	PASSO MONTENEGRO	-29,7011	-51,4411
	G040 – Rio Taquari-Antas	86099000	PCH PEZZI MONTANTE	-28,8047	-50,4936
		86100000	PASSO DO GABRIEL	-28,8056	-50,4950
		86100600	PCH PEZZI ARROIO PINHEIRO ALTO	-28,7575	-50,5211
		86101000	PCH PASSO DO MEIO MONTANTE	-28,7883	-50,5611
		86102000	PCH PASSO DO MEIO MONTANTE TAINHAS	-28,8644	-50,5622
		86110000	PCH PASSO DO MEIO JUSANTE	-28,8161	-50,6214
		86117000	PCH SERRA DOS CAVALINHOS I	-28,7900	-50,6789

Região	Bacia Hidrográfica	Código da estação	Nome da estação	Latitude	Longitude
			ARROIO DO GOVERNADOR		
		86163000	PCH SERRA DOS CAVALINHOS II JUSANTE	-28,7869	-50,7447
		86200500	PCH CAZUZA FERREIRA JUSANTE	-29,0206	-50,7342
		86210000	PCH CRIÚVA JUSANTE	-28,9450	-50,7900
		86213000	PCH PALANQUINHO JUSANTE	-28,8681	-50,8206
		86281000	PCH RIO SÃO MARCOS JUSANTE	-29,0361	-51,0986
		86298000	UHE CASTRO ALVES RS-122	-28,9414	-51,1892
		86321000	UHE CASTRO ALVES TEGA	-29,0633	-51,3236
		86390900	PCH JARDIM MONTANTE	-28,5328	-51,4094
		86404000	PCH JARDIM JUSANTE 2	-28,5931	-51,3983
		86406000	PCH SANTA CAROLINA JUSANTE	-28,6189	-51,4011
		86410000	PASSO BARRA DO GUAIAVEIRA	-28,7392	-51,4250
		86410050	PCH DA ILHA Balsa DO TURVO	-28,8086	-51,4467
		86430500	PCH DA ILHA PRATINHA	-28,8231	-51,4942
		86445500	PCH JARARACA ALÇA	-28,9386	-51,4483
		86447000	UHE MONTE CLARO Balsa DO PRATA	-28,9714	-51,4611
		86450500	UHE MONTE CLARO JUSANTE 2	-29,0211	-51,5333
		86451000	UHE 14 DE JULHO MONTANTE	-29,0156	-51,5428
		86471000	UHE 14 DE JULHO JUSANTE	-29,0797	-51,6814
		86479000	PCH CAÇADOR PONTE SÃO DOMINGOS	-28,5792	-51,8686
		86488000	PCH CAÇADOR MONTANTE	-28,6847	-51,8506
		86490500	PCH BOA FÉ MONTANTE	-28,7117	-51,8525

Região	Bacia Hidrográfica	Código da estação	Nome da estação	Latitude	Longitude
		86497000	PCH SÃO PAULO JUSANTE 2	-28,7892	-51,8511
		86498000	PCH AUTÓDROMO JUSANTE	-28,8350	-51,8372
		86500000	PASSO CARREIRO	-28,8489	-51,8325
		86505500	PCH LINHA EMILIA JUSANTE	-28,9414	-51,7694
		86507000	PCH COTIPORÃ JUSANTE	-28,9722	-51,7558
		86510000	MUÇUM	-29,1672	-51,8686
		86520100	PCH CAPIGUI JUSANTE	-28,3825	-52,2586
		86560000	LINHA COLOMBO	-28,9122	-51,9531
		86743700	PCH RASTRO DE AUTO MONTANTE	-29,0419	-52,2222
		86744000	PCH SALTO FORQUETA JUSANTE	-29,0844	-52,2064
		86910000	PONTE DE ZINCO	-29,7036	-52,0375
	G050 – Alto Jacuí	85029000	PCH ERNESTINA MONTANTE	-28,4056	-52,4408
		85050100	PCH ERNESTINA JUSANTE	-28,5628	-52,5536
		85076000	PCH COTOVELO DO JACUÍ JUSANTE	-28,6728	-52,7311
		85080001	UHE PASSO REAL MONTANTE 2	-28,7200	-52,8492
		85110000	PCH COLORADO JUSANTE	-28,6428	-52,9269
		85140000	UHE PASSO REAL MONTANTE 1	-28,7492	-52,9794
		85180000	UHE PASSO REAL RIO JACUÍ-MIRIM	-28,5453	-53,1647
		85190000	LINHA JACUI-MIRIM	-28,6731	-53,1672
		85290000	UHE JACUÍ MONTANTE	-29,0508	-53,2653
		85309000	PCH ERNESTO JORGE DREHER PONTE RINCÃO DO IVAI	-29,0333	-53,5094
		85310000	PCH ERNESTO JORGE DREHER MONTANTE 1	-29,1194	-53,4058

Região	Bacia Hidrográfica	Código da estação	Nome da estação	Latitude	Longitude	
		85350000	PCH ENGENHEIRO HENRIQUE KOTZIAN JUSANTE	-29,1289	-53,3178	
		85360050	UHE ITAÚBA ARROIO DA RESERVA	-29,1772	-53,3431	
		85365500	UHE ITAÚBA ARROIO POVINHO	-28,5550	-52,4936	
		85380500	UHE DONA FRANCISCA RIO JACUIZINHO	-29,2311	-53,1175	
		85381000	RINCÃO SÃO LUIZ	-29,2769	-53,1447	
		85500100	PCH COLORADO MONTANTE	-28,5794	-52,9200	
	G060 – Vacacaí e Vacacaí-Mirim	85600000	PASSO DAS TUNAS	-29,9258	-53,4167	
		85623000	SÃO SEPÉ - MONTANTE	-30,1942	-53,5633	
	G070 – Baixo Jacuí	85395300	UHE DONA FRANCISCA JUSANTE	-29,4719	-53,2814	
		85400000	DONA FRANCISCA	-29,6269	-53,3528	
		85421000	SOTURNO	-29,5956	-53,4333	
		85900000	RIO PARDO	-29,9950	-52,3756	
		87510049	PCH MORRINHOS JUSANTE	-30,3106	-51,8475	
	G080 – Lago Guaíba	87460200	ARROIO DO SALSO	-30,1692	-51,0739	
	G090 – Rio Pardo	85735000	CANDELÁRIA MONTANTE	-29,6578	-52,7867	
		85891000	RIO PARDO	-29,9339	-52,4308	
	Bacias Litorâneas	L010 – Rio Tramandaí	-	-	-	-
		L020 – Litoral Médio	-	-	-	-
		L030 – Rio Camaquã	87785000	PCH ABRANJO I MONTANTE	-30,7492	-52,6464
			87795000	PCH ABRANJO I JUSANTE	-30,7956	-52,6242
87905000			PASSO DO MENDONÇA	-31,0119	-52,0525	
L040 – Mirim – São Gonçalo	88176000	UHE SEIVAL - ARROIO CANDIOTA MONTANTE	-31,4561	-53,6856		

Região	Bacia Hidrográfica	Código da estação	Nome da estação	Latitude	Longitude
		88177000	UHE SEIVAL - SANGA FUNDA MONTANTE	-31,4664	-53,6519
		88181000	UHE SEIVAL - ARROIO CANDIOTA JUSANTE	-31,5792	-53,6708
	L050 – Rio Mampituba	84970000	PRAIA GRANDE	-29,1953	-49,9650
Uruguai	U010 – Rios Apuaê – Inhandava	70120000	UHE BARRA GRANDE FAXINAL PRETO	-28,4456	-49,8975
		70150000	UHE BARRA GRANDE PASSO DO HONORATO	-28,3944	-50,5756
		70200000	INVERNADA VELHA	-28,4394	-50,3019
		70710000	UHE BARRA GRANDE SANTANA	-28,2628	-50,7608
		70720000	UHE BARRA GRANDE SOCORRO	-28,2869	-50,8333
		70841500	PCH MOINHO MONTANTE	-28,0819	-51,2583
		70842000	PCH ESMERALDA MONTANTE 2	-27,9631	-51,3375
		70843000	PCH SÃO BERNARDO MONTANTE	-27,8569	-51,3611
		70843500	PCH ESMERALDA ARROIO SÃO JOAQUIM	-27,8572	-51,3814
		70844200	PCH ESMERALDA MONTANTE 1	-27,8197	-51,3753
		72080000	PCH OURO MONTANTE	-27,6433	-51,4889
		72428000	UHE MACHADINHO RIO FORQUILHA	-27,8786	-51,7542
		72430000	PASSO DO GRANZOTTO	-27,8786	-51,7547
		72430050	PCH FORQUILHA PASSO DO GRANZOTTO	-27,8786	-51,7547
		72480000	PCH FORQUILHA MONTANTE	-27,6786	-51,7369
		72480100	PCH FORQUILHA JUSANTE	-27,6547	-51,7500
		72630000	PASSO SANTA TEREZA	-27,7067	-51,8853
		72700000	UHE MACHADINHO JUSANTE	-27,5206	-51,8108
72870900	UHE ITÁ RIO APUAÊ	-27,5619	-51,8578		

Região	Bacia Hidrográfica	Código da estação	Nome da estação	Latitude	Longitude
	U020 – Rio Passo Fundo	73220000	UHE FOZ DO CHAPECÓ RIO DOURADINHO	-27,3000	-52,5303
		73389000	UHE PASSO FUNDO RIO INHUPAÇÁ	-27,9547	-52,5383
		73390000	UHE PASSO FUNDO MONTANTE	-27,9453	-52,5811
		73437000	PCH ALBANO MACHADO JUSANTE	-27,4964	-52,8031
		73440000	UHE MONJOLINHO NONOAI	-27,4822	-52,7794
		73460000	UHE MONJOLINHO ENTRE RIOS	-27,4856	-52,6950
		73528000	PCH RIO DOS ÍNDIOS JUSANTE	-27,2456	-52,7944
	U030 – Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo	74462000	PCH CARLOS GONZATTO PONTE TURVO	-27,8203	-53,7328
		74463000	PCH CARLOS GONZATTO VILA TURVO	-27,7089	-53,7750
		74465000	PCH CARLOS GONZATTO JUSANTE	-27,6231	-53,8008
		74467000	PCH MARCO BALDO JUSANTE	-27,5647	-53,7869
		74468500	PCH TOCA DO TIGRE JUSANTE	-27,5353	-53,8150
		74470000	TRÊS PASSOS	-27,3922	-53,8808
		74550000	PCH BURICÁ JUSANTE	-27,8914	-54,1028
		74610000	CASCATA BURICA - NOVA	-27,5225	-54,2333
		74660000	PCH BELA UNIÃO MONTANTE 1	-27,8317	-54,3539
		74675000	PCH BELA UNIÃO JUSANTE	-27,7794	-54,3736
		74690100	PCH SANTA ROSA JUSANTE	-27,7703	-54,3897
		74695000	PCH SANTO ANTÔNIO JUSANTE	-27,7294	-54,4094
		74700000	TUCUNDUVA	-27,6728	-54,4644
		74750000	LINHA CASCATA	-27,8450	-54,5561
	74800000	PORTO LUCENA	-27,8525	-55,0256	

Região	Bacia Hidrográfica	Código da estação	Nome da estação	Latitude	Longitude
		74900000	LINHA UNIÃO	-27,9308	-54,9392
	U040 – Rio Piratinim	75450000	PASSO SANTA MARIA	-28,5783	-54,9144
	U050 – Rio Ibicuí	76100000	VILA CLARA	-29,5561	-54,3422
		76440000	JAGUARI	-29,4989	-54,6892
		76560000	MANOEL VIANA	-29,5958	-55,4814
		76750000	ALEGRETE	-29,7683	-55,7875
		76800000	PASSO MARIANO PINTO	-29,3092	-56,0553
		77150000	URUGUAIANA	-29,7486	-57,0886
	U060 – Rio Quaraí	77500000	QUARAÍ	-30,3844	-56,4656
	U070 – Rio Santa Maria	76310000	ROSÁRIO DO SUL	-30,2428	-54,9169
	U080 – Rio Negro	79400000	ESTÂNCIA DO ESPANTOSO	-31,5339	-54,2944
	U090 – Rio Ijuí	75050000	PCH JOSÉ BARASUOL MONTANTE	-28,2739	-53,6486
		75155000	PASSO FAXINAL	-28,2869	-53,7808
		75155010	PCH PASSO DO AJURICABA MONTANTE	-28,2869	-53,7803
		75181000	PCH RS-155 JUSANTE	-28,3128	-53,9131
		75186000	PONTE NOVA DO POTIRIBU JUSANTE	-28,3708	-53,8792
		75187000	PCH JOSÉ BARASUOL RIO POTIRIBU	-28,3603	-53,9008
		75205000	PONTE NOVA DO CONCEIÇÃO	-28,3847	-54,0314
		75270000	PCH IJUIZINHO PONTE QUEIMADA	-28,7778	-53,9817
		75287000	PCH IJUIZINHO MONTANTE	-28,5433	-54,1553
		75288100	PCH IJUIZINHO JUSANTE	-28,4356	-54,2889
		75290000	PCH IJUIZINHO CERMISSÕES MONTANTE	-28,4122	-54,3025

Região	Bacia Hidrográfica	Código da estação	Nome da estação	Latitude	Longitude
		75295000	COLÔNIA MOUSQUER	-28,3897	-54,3308
		75305000	UHE SÃO JOSÉ MONTANTE	-28,1997	-54,6431
		75307000	UHE SÃO JOSÉ ARROIO URUQUA	-28,2925	-54,6967
		75318000	UHE SÃO JOSÉ RIACHO FUNDO	-28,2275	-54,7547
		75326000	UHE SÃO JOSÉ JUSANTE	-28,1744	-54,8192
		75331000	UHE PASSO SÃO JOÃO JAMES	-28,2069	-54,8697
		75344000	UHE PASSO SÃO JOÃO JUSANTE	-28,1239	-55,0533
	U100 – Rio da Várzea	74050000	UHE FOZ DO CHAPECÓ JUSANTE	-27,1581	-53,0736
		74100000	IRAÍ	-27,1756	-53,2297
		74120800	PCH MATA COBRA MONTANTE 1	-28,1211	-52,9931
		74130000	PCH MATA COBRA JUSANTE	-28,0986	-53,0156
		74270000	PASSO RIO DA VÁRZEA	-27,2786	-53,3203
		74339000	PCH GUARITA JOÃO AMADO MONTANTE	-27,8344	-53,5144
		74350100	PCH GUARITA JUSANTE	-27,6067	-53,5742
		74351000	PCH FERRADURA JUSANTE	-27,5589	-53,5764
		74356000	PCH TAMBAÚ JUSANTE	-27,4303	-53,5611
		74370000	PALMITINHO	-27,3328	-53,6444
	U110 – Butuí - Icamaquã	75700000	PASSO DO NOVO	-28,6828	-55,5794