

The background of the cover is a photograph of a water treatment plant. It shows several large, rectangular aeration basins with metal walkways and railings. The water in the basins is a light blue color. In the foreground, there are some dark, jagged rock formations. The overall color palette is dominated by blues and greys.

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

A grayscale photograph of a water treatment plant. The image shows several large rectangular basins with metal railings and walkways. In the foreground, there are rows of hexagonal diffusers. The background shows a line of trees under a cloudy sky. The overall tone is industrial and technical.

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0199-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.995221306>

1. Engenharia sanitária e ambiental. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Engenharia sanitária e ambiental: Recursos hídricos e tratamento de água” é constituído por sete capítulos de livros que procuraram trabalhar dentro da questão do saneamento básico voltado para a qualidade vida da sociedade e do meio ambiente.

Os capítulos de um a quatro, procuraram avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos presentes em uma empresa pública de economia mista a partir de bens considerados inservíveis e que necessitam de uma disposição e destinação final adequada; o segundo avaliou-se inúmeros parâmetros de um aterro sanitário localizado na cidade de Ariquemes/RO e administrado por um consórcio intermunicipal; no terceiro pretendeu-se avaliar o processo de tratamento por meio do tanque de evapotranspiração (TEvap) e compará-lo ao tratamento por fossa séptica, os resultados apontaram que o tratamento por TEvap é mais eficiente e; o quarto capítulo objetivou-se avaliar o uso de um polímero de natureza orgânica com o intuito de substituir os agentes coagulantes tradicionais utilizados nos processos de tratamento de águas residuárias, em especial os provenientes de matadouros.

O quinto capítulo avaliou-se a vulnerabilidade ambiental da Bacia do Rio das Flores localizado no oeste do estado de Santa Catarina; O sexto capítulo se ateve a estabelecer uma relação entre a saúde e o desenvolvimento escolar com a qualidade da potabilidade da água presentes nas instituições de ensino com estudantes de 13 a 17 anos localizados nas diferentes regiões brasileiras. Por fim, um estudo de caso que apresenta uma proposta de customização e automatização a fim de possibilitar o aumento da qualidade e capacidade de tratamento de água no município de Patrocínio/MG.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA EMPRESA PÚBLICA DE ECONOMIA MISTA A PARTIR DA PNRS: DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA GESTÃO DE BENS MÓVEIS INSERVÍVEIS

Kátia Silene de Oliveira Maia

Luiz Philippsen Jr

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213061>

CAPÍTULO 2..... 7

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE CHORUME DE UM ATERRO SANITÁRIO NO INTERIOR DA AMAZÔNIA LEGAL


Dhione Marcos da Silva

Felipe Cordeiro de Lima

Daniel Mantovani

Alexandre Diório

Driano Rezende

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213062>

CAPÍTULO 3..... 20

ESTUDO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS NEGRAS POR TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP): ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E DE FITOTOXICIDADE

Adriana Mielke

Maikon Kelbert

Michele Cristina Formolo Garcia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213063>


CAPÍTULO 4..... 37

EVALUATION USE OF AN ORGANIC BASED POLYMER TO REPLACE THE INORGANIC COAGULANT IN THE SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER TREATMENT

Crislaine Trevisan da Rocha Ribeiro Ferrari

Aziza Kamal Genena

Daiane Cristina Lenhard


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213064>

CAPÍTULO 5..... 48

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DAS FLORES - OESTE DE SANTA CATARINA

Ricardo André Brandão

Julio Caetano Tomazoni


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213065>

CAPÍTULO 6..... 66

A RELAÇÃO ENTRE A FONTE E POTABILIDADE DA ÁGUA DAS ESCOLAS, A SAÚDE E O DESENVOLVIMENTO ESCOLAR DE ESTUDANTES DE 13 A 17 ANOS NAS UNIDADES

FEDERATIVAS E NAS GRANDES REGIÕES BRASILEIRAS


Livia Pita Corrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213066>

CAPÍTULO 7..... 80

PROPOSTA DE CUSTOMIZAÇÃO E AUTOMATIZAÇÃO NA CAPACIDADE E
QUALIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO/MG

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213067>

SOBRE O ORGANIZADOR:..... 91

ÍNDICE REMISSIVO..... 92

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DAS FLORES - OESTE DE SANTA CATARINA

Data de aceite: 01/06/2022

Ricardo André Brandão

Pesquisador da UTFPR – Francisco Beltrão
ORCID 0000-0002-0327-2779
<http://lattes.cnpq.br/7408438373085855>

Julio Caetano Tomazoni

Professor do PPGEA – UTFPR – Francisco Beltrão
ORCID 0000-0002-7932-0255
<http://lattes.cnpq.br/7668469379752427>

RESUMO: A Região Oeste do Estado de Santa Catarina foi colonizada com base na extração dos recursos naturais e fixação de divisas, sem planejamento e sem conhecimentos adequados das condições ambientais encontradas no ambiente natural. O planejamento ambiental é uma ferramenta que pode contribuir e auxiliar de forma representativa no desenvolvimento de uma determinada região, considerando a segurança e proteção de áreas que apresentam maior fragilidade ambiental, bem como a delimitação de regiões que apresentam maior potencial da utilização dos recursos naturais. O estudo teve por objetivo avaliar as vulnerabilidades ambientais da bacia hidrográfica do Rio das Flores, localizada na Região Oeste do Estado de Santa Catarina, de forma a estabelecer ações e limitações no uso e ocupação do solo, servindo de base para o planejamento ambiental. O roteiro metodológico foi desenvolvido aplicando-se a metodologia proposta por Crepani (2001), com a atribuição de pesos por meio do método AHP

(SAATY, 1980). Os resultados demonstraram que a Bacia Hidrográfica do Rio das Flores apresenta uma área de 702,9 km², sendo dessas 0,1% vulnerável; 18,1% moderadamente vulnerável; 60% medianamente estável/vulnerável; 21,3 % moderadamente estável e 0,6% estável. Também foram criados cenários de ocupação do solo dos quais resultaram na seguinte hipótese: se a área fosse toda urbanizada ou com solo exposto, caracterizar-se-ia como sendo 25,7% vulnerável; 71,6% moderadamente vulnerável; 2,7% medianamente estável e/ou vulnerável; 0 % moderadamente estável e 0 % estável. Por fim, foram estabelecidas 5 propostas ações com caráter reativo ou preventivo visando a redução da vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica.

PALAVRAS-CHAVE: Vulnerabilidade ambiental; Planejamento ambiental 2; Bacia Hidrográfica do Rio das Flores 3.

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF THE RIO DAS FLORES WATERSHED – WEST OF SANTA CATARINA

ABSTRACT: The west region of Santa Catarina State was colonized based on the extraction of natural resources, without planning or adequate knowledge of environmental conditions found in the natural environment. Environmental planning is a tool that can contribute valuably in the development of a determined region, considering the security and protection of areas with more fragile environments, as well as delimitation of regions with greater potential for use of natural resources. This study aimed to evaluate the

environmental vulnerabilities from Rio das Flores Watershed, located in the west region of Santa Catarina State, in order to establish actions and limitations on land use, serving as a baseline study for environmental planning. The methodology was developed based on studies performed previously by Crespani (2001), with the assignment of weights through the AHP method (SAATY, 1980). The results show Rio das Flores Watershed presents an area of 702.9 km², of which 0.1% is considered vulnerable; 18.1% moderately vulnerable; 60% median stable/vulnerable; 21.3% moderately stable; and 0.6% stable. Additionally, land occupational scenarios were created, resulting in the following theory: if all the land was urbanized or with soil exposure, would be characterized as being 25.7% vulnerable; 71.6% moderately vulnerable; 2.7 median stable and/or vulnerable; 0% moderately stable; and 0% stable. Finally, five action proposals with reactive or preventive features were established, aiming to reduce the environmental vulnerability of the watershed.

KEYWORDS: Environmental vulnerability; Environmental planning 2; Rio das Flores Watershed. 3.

OBJETIVO

Identificar os índices de Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio das Flores, na Região Oeste do Estado de Santa Catarina, visando o estabelecimento de propostas de ações que possam contribuir com o planejamento ambiental desse sistema hidrográfico.

INTRODUÇÃO

O planejamento ambiental é uma ferramenta que, se bem aplicada, pode contribuir e auxiliar de forma representativa no desenvolvimento de uma determinada região. Seu uso não representa apenas a criação de restrições ambientais, mas sim, a segurança de áreas que apresentam maior fragilidade ambiental e a delimitação de regiões que apresentam maior potencial da utilização dos recursos naturais.

No Brasil, esse tipo de ferramenta tem sido utilizado ainda de forma tímida, considerando o modelo de desenvolvimento histórico e econômico das regiões brasileiras. Dessa forma, um planejamento ambiental adequado pode trazer excelentes resultados e, mais a frente, evitar dispêndio de recursos e energia para corrigir problemas ambientais ou situações que apresentem riscos à população.

O Estado de Santa Catarina apresenta situações semelhantes ao desenvolvimento do Brasil no quesito ocupação do solo, onde propriedades e até cidades sem planejamento ambiental se desenvolveram em áreas com fragilidade ambiental ou em situações que naturalmente apresentavam risco, muitas vezes imperceptíveis, sem uma análise regionalizada.

O Oeste de Santa Catarina é uma região que, como muitas outras, foi colonizada com base da extração dos recursos naturais e fixação de divisas, sem planejamento e sem

conhecimento das condições ambientais encontradas no ambiente natural.

A região foi, antes de tudo, uma mescla que associava, em certos momentos, o desleixo governamental político-administrativo e as contestações territoriais (LINDENMEYER, 2009). O processo colonizador dessa região começou em 1920. Primeiramente, foram feitas concessões pelo governo do Paraná e, mais tarde, pelo governo de Santa Catarina. Neste período, a região era povoada por caboclos e índios, os quais, em virtude da colonização, buscaram se instalar em locais mais distantes (WELTER, 2006).

No princípio, a região apresentava uma formação paisagística caracterizada pela densidade da Floresta Ombrófila Mista, tendo como principal elemento o pinheiro (*Araucária Angustifolia*) e a erva-mate (*Ilex Paraguariensis*) (LINDENMEYER, 2009).

A Bacia Hidrográfica do Rio das Flores é integrante da Região Hidrográfica 01 e é gerida pelo Comitê de Bacias do Rio das Antas. Segundo o Comitê de Bacias do Rio das Antas, a bacia do Rio das Flores abrange uma área de 702,90 km² integrando 10 municípios catarinenses, sendo eles Bandeirante, Belmonte, Descanso, Dionísio Cerqueira, Guarujá do Sul, Guaraciaba, Paraíso, Princesa, São José do Cedro e São Miguel do Oeste. O Rio das Flores é formado por 1.593 nascentes e integra 5 regiões urbanizadas.

Nas áreas urbanizadas, além da ocupação urbana, ocorre a presença de atividades industriais, sendo, principalmente, as atividades de agroindústrias, metalúrgicas, produtos para a construção civil, entre outras.

Já nas áreas rurais, as principais atividades na bacia estão vinculadas à criação de animais (gado de leite, gado de corte, suinocultura e avicultura). Quanto aos cultivos, é observado com maiores índices os cultivos permanentes como laranja, tangerina e uva, e temporários com milho, trigo e soja.

Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar as vulnerabilidades ambientais da bacia hidrográfica do Rio das Flores, localizada na Região Oeste do Estado de Santa Catarina, de forma a estabelecer as limitações e potencialidades no uso e ocupação do solo, servindo de base para o planejamento ambiental orientado, visando a conservação ambiental e a redução de riscos naturais na região de estudo.

METODOLOGIA

O desenvolvimento da metodologia foi realizado em quatro etapas conforme apresentado na figura I, sendo divididos em obtenção de dados, processamento dos dados, fase de diagnóstico e a elaboração de proposta de ações.

Na fase de obtenção de dados, foram utilizadas bases cartográficas georreferenciadas para a delimitação da Bacia Hidrográfica e dos seguintes mapas temáticos: Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Precipitação, com base nos mapas extraídos das fontes apresentadas na tabela I.

| Informação | Dados | Fonte | Escala |
|-----------------------------------|--|---|---------------|
| Delimitação da bacia hidrográfica | Ottobacias das Unidades Hidrográficas | Agência Nacional de Águas | 1:10.000 |
| Mapeamento Geológico | Mapa Geológico do estado de Santa Catarina | CPRM - Serviço Geológico do Brasil | 1:500.000 |
| Mapeamento Geomorfológico | Modelo Digital do Terreno - Topodata | Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) | 90 x 90 |
| Mapeamento de solos | Mapa de Solos do Brasil | Embrapa | 1:250.000 |
| Mapeamento da Vegetação | Imagem do satélite Landsat 8 | Projeto MAPBiomias | 30 x 30 |
| Mapeamento das precipitações | Intensidade Pluviométrica Mensal | Epagri/CIRAM | 1:500.000 |

Tabela I: Dados extraídos para geração dos mapas.

Fonte: O autor.

Em seguida, foram realizados os processamentos e atribuição dos índices de vulnerabilidade ambiental para cada área temáticas, conforme Crepani (2001). A determinação dos pesos de influência das variáveis no índice de vulnerabilidade, foram obtidos por meio do método Analytic Hierarchy Process (AHP) proposto por (Saaty, 1986), com o uso de uma escala fundamental.

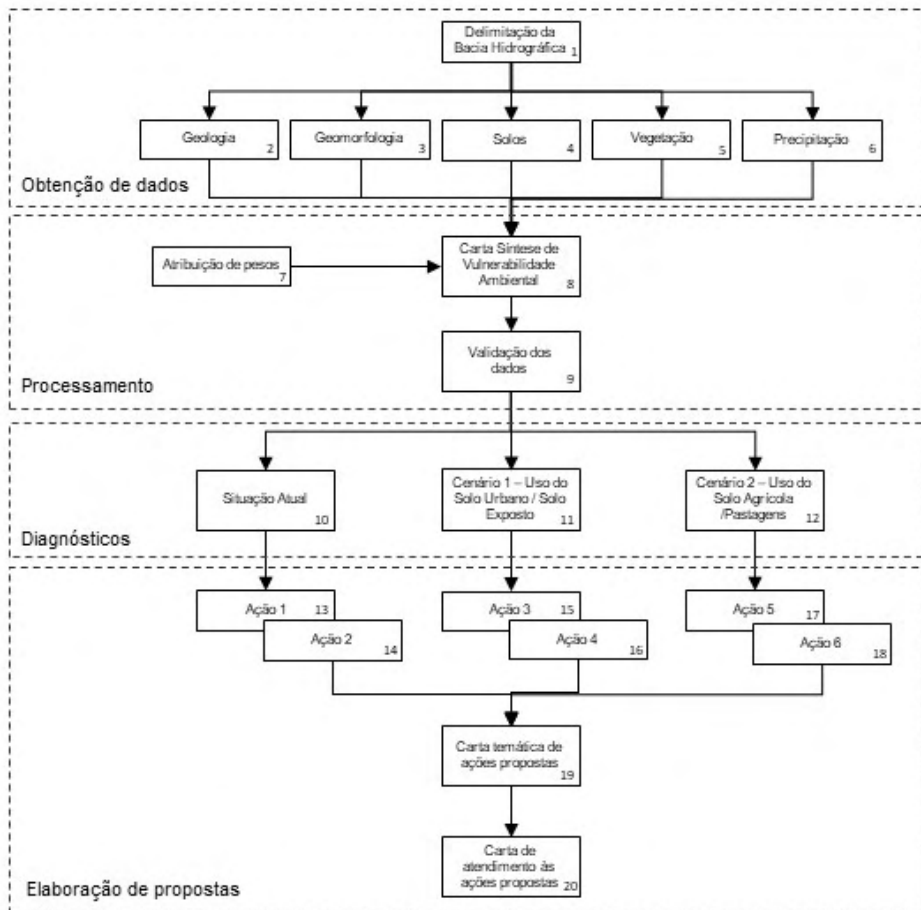


Figura I: Diagrama de fluxo do roteiro metodológico.

Fonte: Autor.

A AHP é uma teoria geral de medição. É usada para derivar escalas de proporção a partir de comparações discretas e contínuas emparelhadas. Essas comparações podem ser extraídas de medições ou a partir de uma escala fundamental que reflete a força relativa de cada variável (SAATY, 1986).

Para possibilitar a modelagem em AHP foi realizada a comparação pareada com a elaboração de uma escala fundamental a partir da intensidade de importância.

A análise em questão foi desenvolvida por meio da escala fundamental desenvolvida pelo autor utilizando a escala de valores proposta do Satty (1997), conforme tabela II e, após essa avaliação, foram aplicadas as fórmulas do algoritmo AHP para obtenção do vetor de pesos e Razão de Consistência (RC). Alguns testes e ajustes no julgamento dos critérios foram feitos na matriz de pesos até se chegar a um RC aceitável.

| | A | B | C | D | E | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|--|
| A | 1 | 1/7 | 1/7 | 1/8 | 1/2 | Sendo: A: Geologia B: Geomorfologia C: Solos D: Uso do Solo E: Precipitação |
| B | 7 | 1 | 2 | 1/4 | 7 | |
| C | 7 | 1/2 | 1 | 1/3 | 7 | |
| D | 8 | 4 | 3 | 1 | 7 | |
| E | 2 | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1 | |

Tabela II: Comparação pareada dos critérios avaliados (escala fundamental) no estudo de vulnerabilidade ambiental.

Fonte: Autor.

De acordo com Saaty (1991), as prioridades médias locais dos elementos comparados na matriz de julgamento podem ser obtidas por meio de operações matriciais, calculando-se o principal autovetor da matriz e normalizando-o em seguida.

Conforme Ribeiro (2016), o resultado obtido em cada linha corresponde ao total percentual relativo de prioridades ou preferências em relação ao foco objetivo imediato. O vetor de prioridades resultante é chamado autovetor da matriz, e a somatória de seus elementos é igual a 1. Após o cálculo das prioridades locais em relação a cada nó imediatamente superior, foi realizado o cálculo da consistência de tais julgamentos. Ainda, segundo Saaty (1991), caso o CR calculado seja inferior ou igual a 0,10, a matriz de julgamento é considerada consistente. Caso contrário, a matriz é considerada inconsistente, e o julgamento deve ser refeito. No cálculo em questão, o índice de consistência da análise resultou em 8,1%, dessa forma o julgamento foi considerado como consistente e gerando a matriz de prioridades e pesos (Tabela III).

| Ordem de prioridade | Variável | Atribuição de pesos |
|---------------------|---------------|---------------------|
| 1 | Vegetação | 48,8% |
| 2 | Geomorfologia | 24,2% |
| 3 | Solos | 19,1% |
| 4 | Precipitação | 4,5% |
| 5 | Geologia | 3,4% |

Tabela III: Ordem de prioridade e atribuição de pesos obtidas com o uso do método AHP.

Fonte: Autor.

Com o uso do algoritmo AHP possibilitou-se determinar os pesos, indicando a ordem das variáveis de maior importância (prioridade).

A Carta Síntese de Vulnerabilidade ambiental foi elaborada por meio da álgebra raster, com uso do software QGis, sendo utilizada a média do índice de vulnerabilidade atribuída às variáveis Geologia (G), Geomorfologia (R), Solos (S), Vegetação (Vg) e Clima (C), sendo aplicada a equação (I).

$$\text{Vulnerabilidade} = 0,488x(\text{Vegetação}) + 0,242x(\text{Geomorfologia}) + 0,191x(\text{Solos}) + 0,045x(\text{Precipitação}) + 0,034x(\text{Geologia}) \quad (\text{Equação I})$$

Com a Carta de Vulnerabilidade Ambiental, foram montados três cenários, sendo o Cenário Atual com o uso da própria carta síntese, com o uso e ocupação do solo do ano de 2018; Cenário 1, com o intuito de obter a situação extrema de vulnerabilidade ambiental da bacia, onde foi recalculada a carta síntese, tendendo como a ocupação urbanizada e por solo exposto em toda a bacia; Cenário 2, com o intuito de obter a situação regular de vulnerabilidade ambiental da bacia, onde foi recalculada a carta síntese, entendendo como ocupação o uso agrícola e pastagem em toda a bacia hidrográfica.

Para a elaboração das propostas, foi estabelecido um critério de Vulnerabilidade Ambiental para o cenário real e para os dois cenários hipotéticos, sendo as ações apresentadas na tabela IV. Essas ações foram divididas em regiões urbanizadas e regiões de ocupação rural, sendo elaboradas a partir do julgamento de uma melhoria na condição ambiental da bacia, associando a todas as temáticas avaliadas.

As ações foram desenvolvidas com caráter orientativo para fins de elaboração de políticas públicas associadas as condições ambientais da bacia hidrográfica, conforme Tabela IV.

| Cenário | Critério de Vulnerabilidade | Ocupação | Código das Ações | Ações |
|--------------|-----------------------------|----------|------------------|--|
| Cenário Real | ≥ 2,6 | Urbana | 1 | Desenvolver estudos específicos para estabelecer medidas de segurança Inibir o desenvolvimento urbano Inibir o corte de vegetação nas áreas vegetadas Estimular o plantio de vegetação em áreas não vegetadas |
| | | Rural | 2 | Controle de segurança da barragem e das margens à montante. |
| Cenário 1 | ≥ 2,6 | Urbana | 3 | Inibir o desenvolvimento urbano Inibir o corte de vegetação nas áreas vegetadas Estimular o plantio de vegetação em áreas não vegetadas |
| | | Rural | 4 | Desestimular o corte de vegetação nas áreas vegetadas Estimular o plantio de vegetação em áreas não vegetadas |
| Cenário 2 | ≥ 2,2 | Urbana | 5 | Sem ações previstas (atendido pelos outros critérios) |
| | | Rural | 6 | Inibir o corte de vegetação nas áreas vegetadas Estimular o plantio de vegetação em áreas não vegetadas |

Tabela IV: Critérios para estabelecimento de proposta de ações para a Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.

Fonte: O autor.

Para análise das áreas urbanas delimitou-se um distanciamento de 1 km além das áreas urbanas consolidadas atualmente. Tal região apresenta maior probabilidade de futuros parcelamentos do solo urbano e implantação de infraestruturas, sendo que muitas já estão previstas no prolongamento da mancha urbana dentro dos próprios planos diretores municipais. Dessa forma, as medidas com restrições têm grande possibilidade de aplicação, evitando a amplificação de problemas futuros.

RESULTADOS

A Bacia Hidrográfica do Rio das Flores apresenta uma área de 702,90 km² e possui como principais afluentes os rios Cambuim, Famoso e Índio e os Lajeados do Cedro, Barulho, Bandeirante, Gramado, Lagarto, Arroio Liso, Sanga do Tatu e Vacaria.

O Rio das Flores possui sentido de escoamento predominantemente do Norte para o Sul, estando localizado próximo à porção oeste da bacia hidrográfica, sendo a porção leste da bacia responsável por grande parte da drenagem natural.

A Bacia Hidrográfica apresenta, no total, 1.593 nascentes e, aproximadamente, 1.549,50 km de extensão, somando-se todos os trechos de drenagem.

O mapa “Síntese de Vulnerabilidade” apresentou resultados consistentes propiciando uma visão mais ampla da bacia como um todo. Ademais, considerou um total de variáveis e relevância, que, se analisadas isoladamente, poderiam apresentar apenas situações mais pontuais para os temas avaliados.

Os resultados demonstraram que a bacia hidrográfica apresenta uma maior relevância para a classificação Medianamente Estável/Vulnerável, com predominância de 60 % da área da bacia sendo uma área de 421,43 km². Esse fato pode ser efetivamente identificado em grande parte da bacia, sendo que a ocupação do solo tem sido intensa para o desenvolvimento da agricultura e pastagens que, apesar de representar uma ação antrópica, a mesma ainda tem capacidade de conter o solo em virtude da vegetação e enraizamento das camadas de solo.

As regiões consideradas estáveis representam 0,6% da área da bacia, compreendendo 4,18 km² e são compostas basicamente por áreas vegetadas associadas a baixa ou média declividade ocorrendo com maior predominância nas áreas rurais dos municípios de Guarujá do Sul e Dionísio Cerqueira. Por outro lado, as áreas consideradas como vulneráveis representam 0,1% da área da Bacia, compreendendo uma área de 0,44 km², e estão associadas às áreas com maiores declividades e uso do solo geralmente urbano ou regiões com solo exposto, sendo esses vinculados diretamente à ação antrópica.

As maiores vulnerabilidades (Figura II) foram identificadas nas regiões urbanizadas dos municípios de São Miguel do Oeste, Guaraciaba e, em maior predominância, nas áreas urbanizadas do município de São José do Cedro. Esses resultados demonstram que medidas reativas e preventivas devem ser aplicadas para garantir a segurança e qualidade de vida da população, sendo que, sugere-se aos municípios que incluam essas áreas como prioridade no planejamento ambiental municipal.

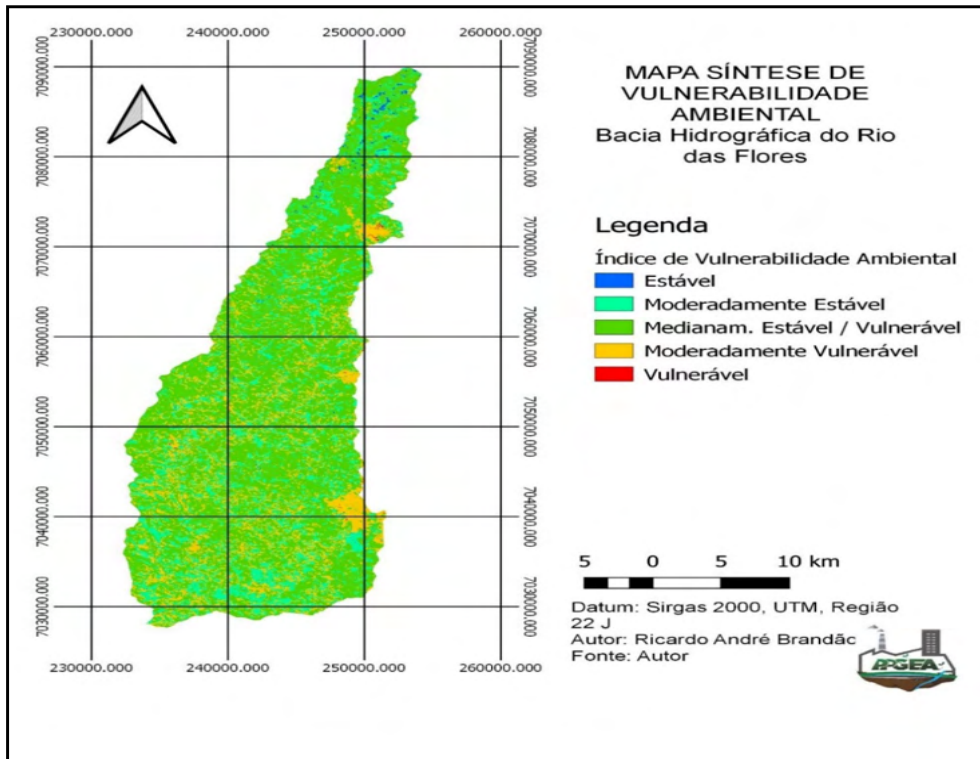


Figura II: Mapa Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.

Fonte: O autor.

Também nas áreas rurais verificou-se alguns pontos isolados com alta vulnerabilidade, associados a alta declividade e a presença de uso do solo exposto, sendo importante também a aplicação de medidas para garantir a segurança e estabilidade das áreas (Vide Tabela V).

| Vulnerabilidade (Crepani et al, 2001) | Área (km ²) | Porcentagem (%) |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Estável | 4,18 | 0,6 |
| Moderadamente Estável | 149,45 | 21,3 |
| Medianamente Estável/Vulnerável | 421,43 | 60,0 |
| Moderadamente Vulnerável | 127,36 | 18,1 |
| Vulnerável | 0,44 | 0,1 |
| Total | 702,9 | 100,0 |

Tabela V: Classificação do índice de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.

Fonte: O autor.

Nas áreas rurais ficou visível que as áreas Vulneráveis e Moderadamente Vulneráveis acompanham os cursos de água, tendo em vista que, a bacia do Rio das Flores apresenta cursos de água em regiões mais profundas estando associada a declividade próximo ao leito dos rios, fator esse que demonstra uma necessidade maior de proteção das áreas ciliares dos cursos de água.

As áreas com maiores declividade foram evidenciadas nos rios principais, em especial na região de jusante da bacia, assumindo valores de vulnerabilidade mais altos.

A elaboração de cenários hipotéticos foi realizada para fins de avaliar situações extremas associadas ao desenvolvimento das atividades da bacia hidrográfica. Para tal, foram criados dois cenários onde foi recalculada a vulnerabilidade ambiental, variando o uso do solo. No primeiro cenário hipotético aplicou-se na camada de vegetação o índice “3,0”, entendendo que toda a bacia hidrográfica fosse transformada para área urbanizada ou solo exposto, tornando possível, dessa forma, avaliar uma condição extrema de ocupação do uso do solo na bacia.

Já no segundo cenário hipotético aplicou-se na camada de vegetação o índice “2,0”, entendendo que toda a bacia seria ocupada por agricultura e pastagens, com objetivo de avaliar a influência de ocupação rural, desmatamentos ocorridos para abertura de novas terras para agricultura e pastagens.

O mapa síntese de ações propostas (figura III) foi elaborado com base nos critérios estabelecidos na tabela 9, constante no item 3.3.12, por meio do processamento rasters.

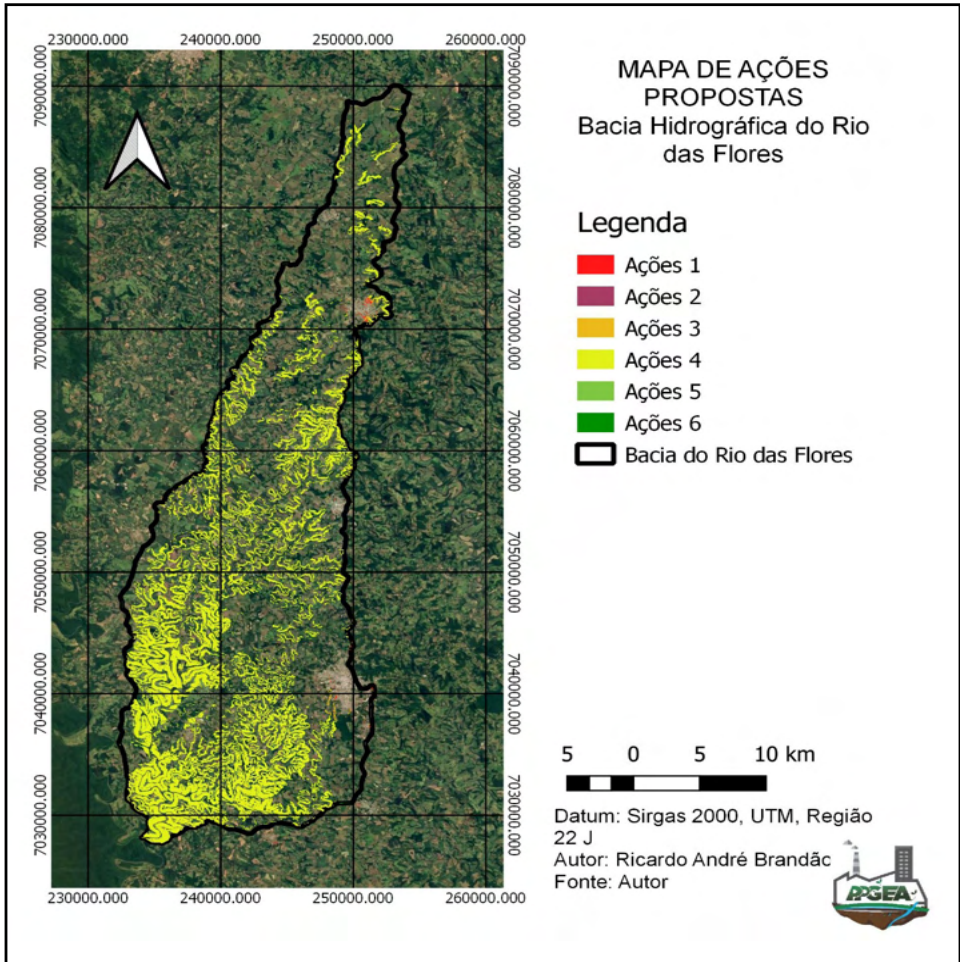


Figura III: Mapa Síntese de ações propostas para a Bacia Hidrográfica.

Fonte: O autor.

No estabelecimento das ações delimitou-se que a ação 1 seria proveniente das áreas urbanas que, atualmente, foram classificadas com Vulnerabilidade. A aplicabilidade dela seria em pontos específicos na área urbana dos municípios de São José do Cedro (figura IV), São Miguel do Oeste (figura V) e Guaraciaba (figura VI) com área de abrangência de 28,4 hectares.

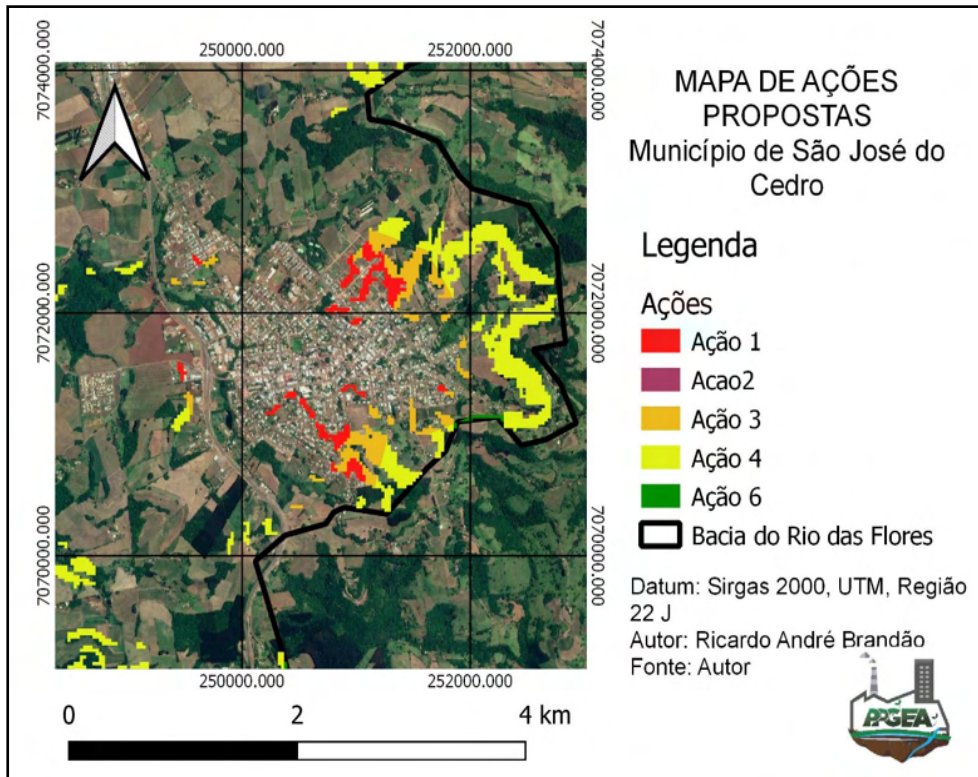


Figura IV: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de São José do Cedro - SC.

Fonte: O autor.

Com base nas ações 1, foram propostas medidas de caráter reativos as ações ocorridas, sendo identificada a necessidade de se estabelecer estudos específicos para avaliar a real situação de segurança e de riscos ambientais dessas áreas, de forma a verificar quais medidas de infraestrutura e engenharia podem ser aplicadas para reduzir os riscos ambientais provocados na área, também foi sugerido inibir a continuidade do desenvolvimento urbano nessas áreas, bem como o corte de vegetação nativa nas faixas existentes. Outra medida importante seria estimular, nessas regiões, o plantio de vegetação nativa e protetiva do solo, de forma que essa alteração no uso do solo reduziria o nível de Vulnerabilidade para índices mais aceitáveis.

A ação 1 apresenta uma área de abrangência relativamente pequena, outrossim, é uma das propostas de mais difícil implementação, tendo em vista que sua aplicação ocorre basicamente em área urbana consolidada, a qual possui um grande valor e impacto econômico se comparados com as áreas rurais.

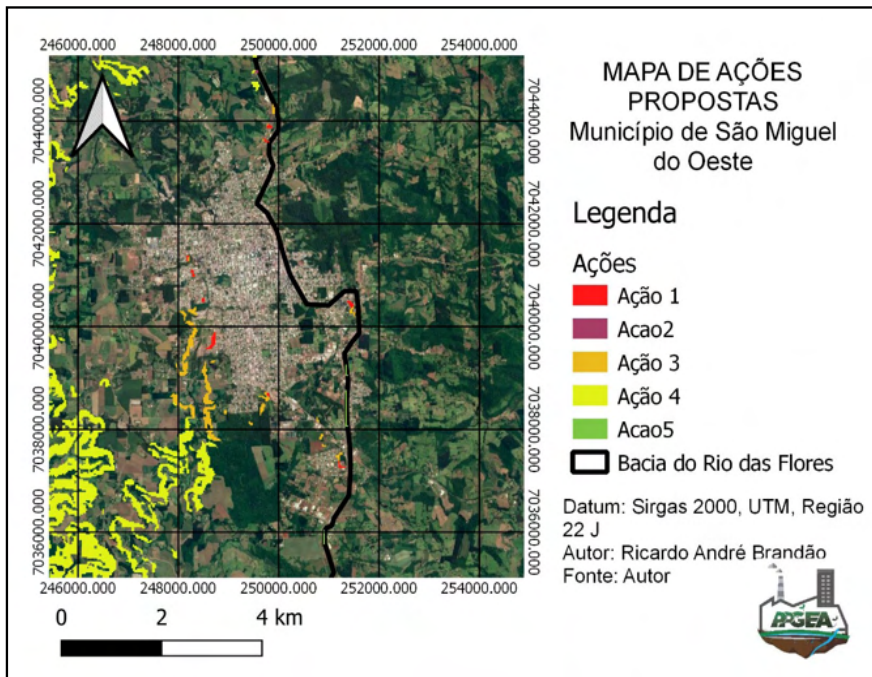


Figura V: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de São Miguel do Oeste - SC.

Fonte: O autor.

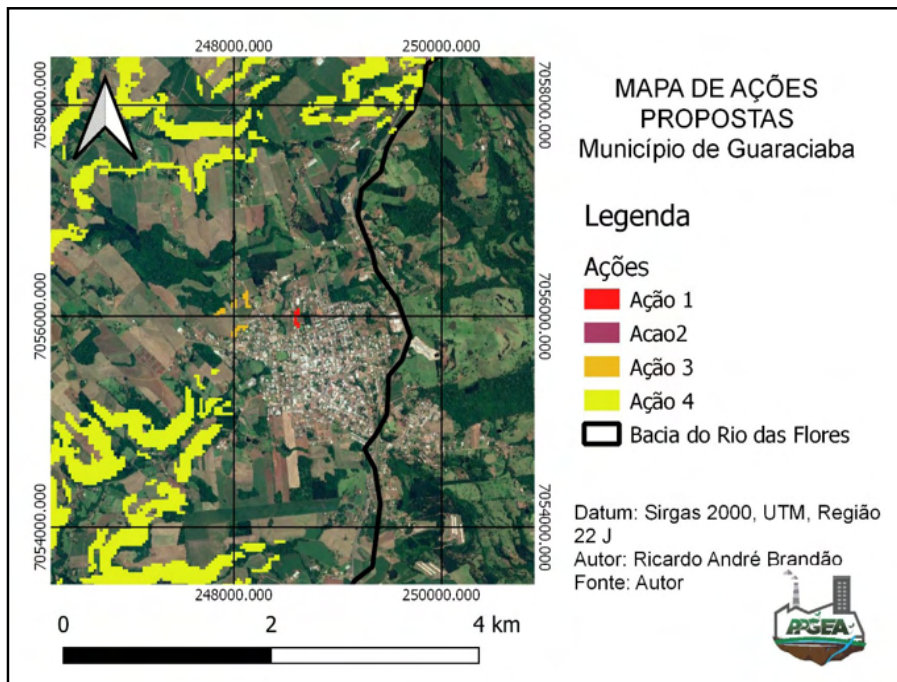


Figura VI: Mapa Síntese de ações para a área urbana do município de Guaraciaba - SC.

Fonte: O autor.

Ainda, considerando a situação atual da bacia, foi proposta a ação 2, aplicável à área rural, a qual representa uma área geograficamente pequena, de aproximadamente 8 hectares, estando associada à declividade na borda do reservatório da PCH do Rio das Flores, sendo proposto, nesse caso, controle de segurança da barragem e das margens a montante da mesma.

A ação 3, por sua vez, apresenta uma representatividade maior para as áreas urbanas, com uma abrangência de 113 ha, localizadas principalmente nos municípios de São José do Cedro, Guaraciaba e São Miguel do Oeste, sendo áreas que apresentam uma classificação moderadamente vulnerável, porém, no caso de ocorrer uma urbanização ou exposição do solo, chegariam a níveis mais extremos de vulnerabilidade. Essas áreas representam, atualmente, áreas vegetadas existentes nas regiões urbanas consolidadas, e nas regiões de bordas das áreas urbanas, em até 1km de borda da mancha urbana atual. Em caráter preventivo, foi proposto que, nessas áreas, seja inibido o desenvolvimento urbano, bem como inibido o corte de vegetação em áreas já vegetadas, estimulado o plantio de vegetação nativa como forma protetiva do solo.

Seguindo essa mesma tendência preventiva e, proveniente do cenário de uso mais extremo do solo, aplicável a área rural, foi criada a ação 4, que representou a ação de maior abrangência na bacia hidrográfica, com uma área geográfica de 17.658 hectares. Essa ação apresenta distribuição pelas áreas rurais de todos os municípios da bacia, sendo que a maior predominância está nas regiões a jusante da bacia, em especial, nos municípios de Paraíso, Bandeirante e Belmonte. Por se tratar de uma ocupação extrema, foi proposto, em caráter preventivo, a inibição do possível desenvolvimento urbano nessas áreas, bem como o corte de vegetação nativa nas faixas existentes. Outra medida importante seria estimular, nessas regiões, o plantio de vegetação nativa e protetiva do solo, de forma que essa alteração no uso do solo reduzisse o nível de Vulnerabilidade para índices mais aceitáveis.

A proposta da ação 5 acabou por não apresentar resultado, tendo em vista que a sua aplicabilidade estava relacionada com o uso do solo inferior ao atual, não gerando resultado e ainda sendo suprido pelas ações anteriores.

Por fim, considerando o cenário 2, associados a área rural e, entendendo que toda a bacia seria ocupada por agricultura e pastagens, foi criada a ação 6, a qual abrangeu uma área de 1.048 hectares, porém, a mesma foi suprida pela ação 4, mas pode também ser entendida com uma proposta inicial de redução da vulnerabilidade, sendo em caráter preventivo. Estabeleceu-se, como medida, a inibição do corte de vegetação e estimulação para o plantio de vegetação nativa nas áreas selecionadas.

Para fins de avaliação do atual atendimento, as ações propostas foram estabelecidas por meio da situação real e cenários hipotéticos, sendo os mesmos divididos para área urbana e rural. Outrossim, observou-se que parte das regiões identificadas nos cenários hipotéticos, quando em comparação com a situação atual, já atendiam as condições

estabelecidas devido a presença de vegetação, tanto que nas ações é mencionado sobre inibir a supressão de vegetação.

Para cada região delimitada para aplicação das ações, foi elaborado um comparativo com as áreas que estão vegetadas, sendo essas entendidas como atendimento a proposta, conforme apresentado na figura VII e quantificado na tabela 19.

| Ações | Áreas de abrangência da ação (ha) | | Porcentagem de atendimento da proposta |
|-------|-----------------------------------|----------|--|
| | Proposta | Atendida | |
| 1 | 28,4 | 0,5 | 2% |
| 2 | 8,0 | 0,5 | 6% |
| 3 | 113,0 | 19,0 | 17% |
| 4 | 17.658,0 | 6.337,0 | 36% |
| 5 | 0,0 | 0,0 | 0% |
| 6 | 1.048,0 | 567,9 | 54% |

Tabela VI: Áreas de abrangência das propostas de ações e comparativo de atendimento das propostas.

Fonte: O autor.

A ação 1 apresenta uma abrangência de 28,4 hectares, sendo que desses, 0,5 hectares apresentam vegetação. Dessa forma, entende-se que 2% da área apresenta atendimento a proposta. Já a ação 2 apresenta uma abrangência de 8,0 hectares, sendo 0,5 hectares atendidos, entendendo-se que 6% da proposta está atendida.

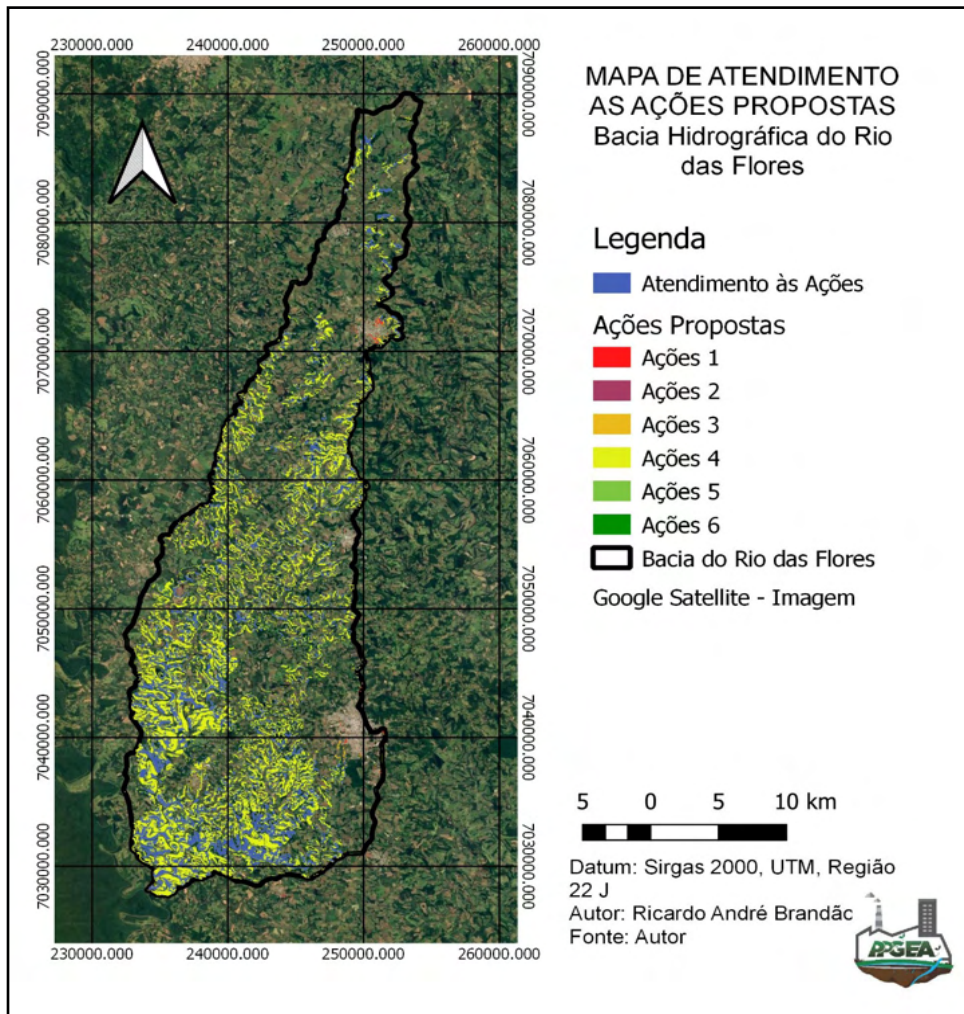


Figura VII: Mapa de Atendimentos as ações propostas.

Fonte: O autor.

Já as propostas 3, 4 e 6 somatizam áreas mais representativas, sendo atendidas as porcentagens de 17%, 36% e 54%, respectivamente.

A área de maior abrangência está vinculada na ação 4, a qual apresentou um bom resultado inicial de atendimento, equivalente a 36%. Isso ocorre em virtude dessas regiões apresentarem dificuldade para a implantação de agricultura mecanizada.

CONCLUSÃO

O estudo apresentou, de forma sistemática, a necessidade de uma gestão adequada no uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio das Flores, tendo como base as

propostas apresentadas e os resultados da análise ao atendimento a tais propostas.

A bacia hidrográfica é responsável por grande parte da produção agrícola do extremo oeste catarinense, sendo de grande importância a aplicação de medidas para fins de preservação da mesma.

Quanto a metodologia aplicada, pode-se observar que a mesma foi válida e sua aplicação pode contribuir para fins de planejamento regional ambiental, tendo em vista que apresentou resultados representativos, de forma rápida e com baixo custo, utilizando recursos técnicos disponíveis gratuitamente.

REFERÊNCIAS

CREPANI, E.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>.

LINDENMEYER, P. M. Colonização e devastação no planalto oeste catarinense. In: **Revista Santa Catarina Em História**. V. 1. N. 2. 2009.

RIBEIRO, Maria Celeste de Carvalho Ressiguiier; DA SILVA ALVES, Alex. **Aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção qualitativa**. *Sistemas & Gestão*, v. 11, n. 3, p. 270-281, 2016.

SAATY, T. L (1980). **The Analytic Hierarchy Process**. N. York, USA: McGraw-Hill

WELTER, Liane. **O espaço geográfico do oeste catarinense e sua cartografia ambiental**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana), Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo: 2006.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água potável 46, 66, 67, 68, 69, 72, 77, 78, 80

Águas cinzas 22, 35

Águas negras 20, 22, 23, 33

Águas residuárias 35

Análises microbiológicas 20

Aterro sanitário 7, 9, 17, 18

B

Bacia hidrográfica 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65

Biofilme 29

C

Chorume 7, 9, 10, 13, 15, 17, 18

Cloração 81, 86, 87, 90

Cloreto férrico 37, 38

Coagulação 37, 38, 47, 82, 83, 84, 85

Coliformes termotolerantes 12, 20, 22, 26, 27, 33, 34

Consórcio Intermunicipal de Saneamento da Região Central de Rondônia (CISAN) 7, 8, 9, 18

Cor 11, 85, 86, 87

Corpos hídricos 20, 21, 22

D

Decantação 81, 82, 83, 84, 85

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 11, 12

Demanda Química de Oxigênio (DQO) 11, 12, 24

Desenvolvimento sustentável 1, 8, 67, 79

E

Estação de Tratamento de Água (ETA) 80, 81, 82

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 91

F

Fitotoxicidade 20, 22, 23, 24, 30, 33

Flotação 81, 85

Fluoretação 81, 88, 90

Fossa séptica 20, 22, 23, 24, 28, 29, 31, 32, 33, 34

Fragilidade ambiental 48, 49

Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) 21, 34, 35, 90

I

Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) 66, 74, 75, 79

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 18, 66, 79

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) 66, 78

L

Lagoa facultativa 10, 11, 13, 14, 16

Lixiviado 7, 9, 10, 13, 18

M

Micro-organismos patógenos 22

O

Oxigênio dissolvido 11, 13, 17

P

Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) 8, 18

Planejamento ambiental 48, 49, 50, 56

Polímero de Base Orgânica (NovFloc) 37

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 1

Programa Nacional de Saneamento Rural (PNRS) 22, 35

R

Reciclagem 2, 4, 5

Recursos naturais 48, 49

Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) 2

Resíduos sólidos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 33

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) 7, 8, 9, 18, 19

S

Saneamento básico 8, 18, 19, 22, 35, 80, 81, 90

Saúde pública 17, 80, 88, 90

Sulfato de alumínio 46, 83, 84

T

Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) 20, 22, 23, 35

Turbidez 12, 85



ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br