

# Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

Luis Miguel Schiebelbein  
(Organizador)

Luis Miguel Schiebelbein  
(Organizador)

# Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G393 Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade / Organizador Luis Miguel Schiebelbein. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.  
– (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v.1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-024-7

DOI 10.22533/at.ed.247190901

1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Schiebelbein, Luis Miguel. II. Título. III. Série.

CDD 343.81

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade” aborda uma série de artigos e resultados de pesquisa, em seu Volume I, contemplando em seus 21 capítulos, os novos conhecimentos científicos e tecnológicos para as áreas em questão.

Estrategicamente agrupados na grande área temática de GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, ne nas seções de Meteorologia, Modelagem, Conceitos Aplicados & Estudos de Caso, traz à tona informações de extrema relevância para a área dos Recursos Hídricos, assim como da Sustentabilidade.

Os capítulos buscam de maneira complementar, abordar as diferentes áreas além de concentrar informações envolvendo não só os resultados aplicados, mas também as metodologias propostas para cada tipo de estudo realizado.

Pela grande diversidade de locais e instituições envolvidas, na realização das pesquisas ora publicadas, apresenta uma grande abrangência de condições e permite, dessa forma, que se conheça um pouco mais do que se tem de mais recente nas diferentes áreas de abordagem.

A todos os pesquisadores envolvidos, autores dos capítulos inclusos neste Volume I, e, pela qualidade e relevância de suas pesquisas e de seus resultados, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Ressalta-se ainda e indica-se a consulta ao Volume II, o qual aborda as grandes áreas temáticas de QUALIDADE DA ÁGUA, RECURSOS HÍDRICOS NO ABASTECIMENTO, UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DOS RECURSOS HÍDRICOS & SUSTENTABILIDADE.

Complementarmente, espera-se que esta obra possa ser de grande valia para aqueles que buscam ampliar seus conhecimentos nessa magnífica área da Gestão de Recursos Hídricos, associada à Sustentabilidade. Que este seja não só um material de apoio, mas um material base para o estímulo a novas pesquisas e a conquista de resultados inovadores.

Luis Miguel Schiebelbein

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>1</b>  |
| A FLORESTA E A DINÂMICA HIDROLÓGICA DE NASCENTES  |           |
| Jéssica Fernandez Metedieri   |           |
| Mariana Santos Leal   |           |
| Kelly Cristina Tonello  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909011</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>17</b> |
| REQUALIFICAÇÃO FLUVIAL: CONCEITOS E CASOS DE ESTUDO   |           |
| Aline Pires Veról   |           |
| Bruna Peres Battemarco  |           |
| Matheus Martins de Sousa  |           |
| Marcelo Gomes Miguez  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909012</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>34</b> |
| ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DE BASE NA PROPAGAÇÃO DA ONDA DIFUSA EM UM RIO  |           |
| Maria Patricia Sales Castro   |           |
| Patrícia Freire Chagas  |           |
| Karyna Oliveira Chaves de Lucena  |           |
| Raimundo Oliveira de Souza  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909013</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | <b>43</b> |
| PLANO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA OS ASSENTAMENTOS DOS MUNICÍPIOS DE DELMIRO GOUVEIA E ÁGUA BRANCA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO  |           |
| Eduardo Jorge de Oliveira Motta   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909014</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>53</b> |
| ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RESTRIÇÃO E CONTROLE RELEVANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA APLICADA À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VELOSO (SUB-BACIA DO RIO PARAPEBA), MINAS GERAIS, BRASIL |           |
| Joselaine Aparecida Ribeiro   |           |
| Thiago Vieira da Silva Matos  |           |
| Antônio Pereira Magalhães Júnior  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909015</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....   | <b>65</b> |
| PROJETO DA PAISAGEM NOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA - CASO DA BACIA DO RIO JOANA  |           |
| Isadora Tebaldi   |           |
| Ianic Bigate Lourenço   |           |
| Aline Pires Veról   |           |
| Marcelo Gomes Miguez  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909016</b>  |           |

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 7 .....</b>   | <b>82</b>  |
| GESTÃO DA DRENAGEM URBANA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAJAÍ AÇU  |            |
| Fabiane Andressa Tasca<br>Roberto Fabris Goerl<br>Jakcemara Caprário<br>Aline Schuck Rech<br>Alexandra Rodrigues Finotti  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909017</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 8 .....</b>   | <b>92</b>  |
| ANÁLISE AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESPAÇO URBANO DE CAMPO GRANDE/MS  |            |
| Eva Faustino da Fonseca de Moura Barbosa  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909018</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 9 .....</b>   | <b>108</b> |
| APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO A BARRAGENS DO ESTADO DE MINAS GERAIS  |            |
| Carlos Eugenio Pereira<br>Maria Teresa Viseu<br>Marcio Ricardo Salla<br>Kevin Reiny Rocha Mota  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2471909019</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 10 .....</b>  | <b>117</b> |
| INFLUÊNCIA PLUVIOMÉTRICA NA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS NO MUNICÍPIO DE IPOJUCA - PE  |            |
| Fernanda Soares de Miranda Torres<br>Enjôlras de Albuquerque Medeiros Lima<br>Margarida Regueira da Costa<br>Alexandre Luiz Souza Borba<br>Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff<br>Roberto Quental Coutinho |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.24719090110</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 11 .....</b>  | <b>125</b> |
| CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS AQUÍFEROS JUROCRETÁCEOS DO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL  |            |
| Guilherme Vargas Teixeira<br>Antonio Pedro Viero<br>Romelito Regginato  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.24719090111</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 12 .....</b>  | <b>134</b> |
| AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO TOCANTINS   |            |
| Fernán Enrique Vergara<br>Viviane Basso Chiesa<br>Cecília Amélia Miranda Costa  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.24719090112</b>   |            |

**CAPÍTULO 13 ..... 143**

ATENUAÇÃO DE ONDAS EM MARGENS DE RESERVATÓRIOS DE BARRAGENS PELA PRESENÇA DE VEGETAÇÃO NO FUNDO – ANÁLISE NUMÉRICA ATRAVÉS DO MODELO SWAN-VEG

Adriana Silveira Vieira  
Germano de Oliveira Mattosinho  
Geraldo de Freitas Maciel

**DOI 10.22533/at.ed.24719090113**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

MODELO DE FRAGILIDADES AMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO DE TOMADA DE DECISÃO PARA CONTROLE DE CHEIAS NA ÁREA URBANA DE ITAQUI-RS

Francisco Lorenzini Neto  
Marcelo Jorge de Oliveira  
Nájila Souza da Rocha  
Raul Todeschini  
Rafael Cabral Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.24719090114**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

PREVISÃO DE VAZÃO DE CHEIA EM UM TRECHO DA BACIA DO RIO POTENGI

Patrícia Freire Chagas  
Maria Patricia Sales Castro  
Fernando José Araújo da Silva  
Mário Ângelo Nunes de Azevedo Filho  
Raimundo Oliveira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.24719090115**

**CAPÍTULO 16 ..... 173**

SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS DO MODELO SWAT EM UMA BACIA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL: BACIA DO RIO MACHADINHO/RO

Vinicius Alexandre Sikora de Souza  
Marcos Leandro Alves Nunes  
Otto Corrêa Rotunno Filho  
Claudia Daza Andrade  
Vitor Paiva Alcoforado Rebello

**DOI 10.22533/at.ed.24719090116**

**CAPÍTULO 17 ..... 183**

ABASTECIMENTO HUMANO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CEARÁ MIRIM RN

Vera Lucia Rodrigues Cirilo  
João Abner Guimarães Junior  
Lara Luana Cirilo Silva  
Priscila Gosson Cavalcanti

**DOI 10.22533/at.ed.24719090117**

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....  | <b>191</b> |
| ELABORAÇÃO DE CONSISTÊNCIA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS: ESTUDO DE CASO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE TUCURUÍ- PARÁ |            |
| Alcione Batista da Silva  |            |
| Laysse Alves Ferreira   |            |
| Lucas Rodrigues do Nascimento   |            |
| Andressa Magalhães Gonçalves  |            |
| Rafael Oliveira da Silva  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.24719090118</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....  | <b>200</b> |
| ANÁLISE DO IMPACTO DO USO DE DADOS DIÁRIOS OU MÉDIAS CLIMATOLÓGICAS NA SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA COM O MODELO MGB-IPH       |            |
| Bibiana Rodrigues Colossi   |            |
| Daniela Santini Adamatti  |            |
| Fernando Mainardi Fan   |            |
| Paulo Rógenes Monteiro Pontes   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.24719090119</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 20</b> .....  | <b>211</b> |
| MÉTODOS NUMÉRICOS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADOS À DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM DADOS HIDROLÓGICOS                     |            |
| Alana Renata Ribeiro  |            |
| Mariana Kleina  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.24719090120</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 21</b> .....  | <b>220</b> |
| CONCEPÇÃO SISTÊMICA PARA SOLUÇÕES DE CONTROLE DE CHEIAS URBANAS EM VILA VELHA, ES                                       |            |
| Paulo Canedo de Magalhães   |            |
| Matheus Martins de Sousa  |            |
| Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira   |            |
| Osvaldo Moura Rezende   |            |
| Victor Augusto Almeida Fernandes de Souza   |            |
| Marcelo Gomes Miguez  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.24719090121</b>   |            |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....  | <b>236</b> |

## ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RESTRIÇÃO E CONTROLE RELEVANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA APLICADA À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VELOSO (SUB-BACIA DO RIO PARAPEBA), MINAS GERAIS, BRASIL

**Joselaine Aparecida Ribeiro**

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências  
Belo Horizonte – MG

**Thiago Vieira da Silva Matos**

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia

**Antônio Pereira Magalhães Júnior**

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências

**RESUMO:** Entender a distribuição espacial dos corpos de água e a sua dinâmica nos territórios é imprescindível para a implantação de ações de gerenciamento dos recursos hídricos. Dessa maneira, é relevante a identificação de elementos cuja forma, posição e processos afetam as condições de qualidade e de quantidade dos recursos hídricos. O trabalho propõe uma metodologia de zoneamento de áreas relevantes à conservação hídrica, com vistas à manutenção da qualidade e da quantidade das águas. Esse zoneamento, destinado ao planejamento e à tomada de decisão, objetiva a identificação e definição de áreas prioritárias para o manejo de bacias hidrográficas, a fim de assegurar as condições de uso dos recursos hídricos. A metodologia foi aplicada na bacia do rio Veloso, integrante da bacia do rio Paraopeba-MG. Os resultados

mostram que a metodologia é adequadamente aplicável a pequenas bacias, cujo zoneamento constitui uma ferramenta relevante para a gestão territorial de bacias hidrográficas.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão de recursos hídricos; zoneamento; manejo de bacias.

**ABSTRACT:** Understanding the water distribution and their dynamics in geographic space is essential for management actions of water resources. Thus, it is important to identify elements whose shape, position and processes affect the quality conditions and quantity of water resources. Within this context, the paper presents a proposal of watershed zoning applied to water conservation, aiming at maintaining the quality and quantity of water. This zoning, for the planning and decision making, aims to identify and define priority areas for river basin management to ensure the conditions of use of water resources. The proposal was applied in the case of the Rio Veloso basin, integrating the Rio Paraopeba basin, central area of Minas Gerais. The results show that the method is achievable for small basins whose zoning is a relevant tool for watershed management.

**KEYWORDS:** water resources management; zoning; watershed management.

## 1 | INTRODUÇÃO

O zoneamento de áreas para a conservação de recursos hídricos é necessário para o adequado planejamento e manejo de bacias hidrográficas. Importante destacar que a Lei das Águas, que institui a política nacional que trata das diretrizes e instrumentos a serem adotados na gestão de recursos hídricos, traz no seu escopo a “*criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos*” (BRASIL, 1997), a serem apontadas nos planos diretores de bacias hidrográficas.

Para tanto, é importante a identificação de elementos cuja forma, função e relações espaciais afetam a disponibilidade hídrica, do ponto de vista de qualidade e quantidade. O mapeamento desses elementos e sua categorização espacial em zonas, valendo-se de critérios pré-definidos, cujas variáveis são agrupadas por similaridade da estrutura e funcionamento, é uma estratégia que contribui para o melhor ordenamento do uso e ocupação do terreno, bem como para a adoção de medidas mais efetivas voltadas à conservação dos recursos hídricos. É importante também enfatizar o processo sociopolítico que deve envolver a proposição de zonas, para que o zoneamento reflita os anseios da sociedade na administração e proteção dos valores naturais e culturais e seja um instrumento de gestão efetivo (SANTOS 2004).

O presente trabalho objetiva apresentar uma proposta de zoneamento voltada à proteção dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, abarcando tanto áreas legalmente protegidas por restrições de uso, quanto áreas relevantes do ponto de vista da dinâmica hidroambiental.

Dessa maneira, a proposta busca definir zonas homogêneas quanto aos aspectos de potencialidade, fragilidade, conformidade ou conflito, com base na conservação hídrica. metodológica que abarca tanto áreas legalmente caracterizadas pela restrição de uso e pela proteção, quanto áreas naturalmente relevantes, do ponto de vista da estrutura e do funcionamento, para a manutenção dos recursos hídricos em uma bacia.

A literatura apresenta diferentes abordagens metodológicas para a definição de zonas ou unidades territoriais. Nesse estudo adota-se a análise espacial por meio de sistema de informações geográficas (SIG) como base de trabalho. A crescente facilidade no acesso e no uso dos SIGs torna essas ferramentas viáveis de serem adotadas no planejamento pelas esferas públicas. Silva e Pruski (2005) afirmam que o uso do SIG permite agregar, em um único pacote, a capacidade de mapear características e de associá-las a um banco de dados, o que permite análises espaciais refinadas em um curto espaço de tempo.

A proposta foi aplicada ao zoneamento da bacia hidrográfica do rio Veloso, pertencente à bacia do rio Paraopeba – MG, com vistas à conservação de mananciais, aqui entendidos como as fontes de água doce superficial e subterrânea, usadas para

o abastecimento público (SABESP, s/d).

## 2 | PROPOSTA METODOLÓGICA

Baseado no método espacial de sobreposição de temas associado à abordagem qualitativa, a proposta metodológica envolve dois aspectos:

1) identificação de categorias analíticas espaciais, definidas sob os pontos de vista físico e legal, que apresentam interface com a conservação das águas e consideradas importantes para o manejo de bacia; e

2) utilização de SIG e técnicas de sensoriamento remoto para identificação e mapeamento das categorias definidas.

A seguir são esclarecidos e discutidos os dois aspectos da abordagem metodológica.

### 2.1 Definição das categorias espaciais analíticas: discussão e proposição

Partindo do pressuposto de que há ambientes e elementos da paisagem cuja estrutura e função possuem relação direta com a dinâmica das águas por afetar as suas condições, propôs-se à identificação de categorias espaciais altamente relevantes para a conservação dos recursos hídricos, do ponto de vista qualitativo. Entende-se que essas categorias são uma referência, podendo ser alteradas, com inclusão ou exclusão de categorias, conforme as especificidades da bacia e a relevância da categoria para a área em estudo. Assim, foram determinadas as seguintes categorias espaciais de análise, apresentadas na tabela 1:

| CATEGORIAS ANALÍTICAS                      | JUSTIFICATIVA  | EXEMPLO   |
|--|--|---|
| Área de preservação permanente (APP)       | De acordo com o Código Florestal Brasileiro, as Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de proteger os recursos hídricos, a estabilidade geológica, a biodiversidade, a fauna, a flora e os solos, bem como assegurar o bem-estar humano.       | - Áreas de encostas acentuadas;<br>- Matas ciliares em áreas marginais de córregos, rios e reservatórios;<br>- Áreas próximas às nascentes. |
| Área de recarga direta de água subterrânea | Segundo Matus (2009) as áreas de recarga direta subterrânea correspondem a áreas planas ou côncavas permeáveis, onde o fluxo vertical de infiltração é significativo; este é alimentado formando os aquíferos. Um aspecto importante nessa questão do zoneamento é a conexão entre os aquíferos e a recarga externa. | - Áreas planas cobertas por vegetação;<br>- Afloramentos rochosos fissurados.   |
| Área úmida                                 | As áreas úmidas existem em todos os tipos de ecossistemas e são importantes para a manutenção da biodiversidade. São ecossistemas complexos, com aspectos hidrológicos, pedológicos e vegetacionais específicos.   | - Brejos; Várzeas;<br>Pântanos;<br>Manguezais; Áreas inundáveis, entre outros. Obs.: existem 42 áreas úmidas classificadas.                 |

|                                    |   |   |
|------------------------------------|---|---|
| Área de contribuição de mananciais | De acordo o Ministério do Meio Ambiente as áreas de mananciais são as fontes de água doce, superficiais ou subterrâneas, utilizadas para consumo humano ou desenvolvimento de atividades econômicas. As áreas contendo os mananciais devem ser alvo de atenção específica, contemplando aspectos legais e gerenciais.   | Fontes de abastecimento: Rios; Lagos; Represas; Poços subterrâneos. |
| Área urbana                        | Tucci (2008) afirma que a população e o meio ambiente têm sofrido impactos por práticas insustentáveis de desenvolvimento urbano, que inicia pelo uso do solo e segue na limitada capacidade de gestão estratégica das cidades para resolver os problemas relacionados com a gestão das águas urbanas. Desta forma, a área urbana foi classificada como uma das zonas de fragilidade de extrema importância para conservação da bacia hidrográfica. | Lançamento de efluentes; Resíduos sólidos; Águas pluviais urbanas.  |

Tabela 1: Categorias espaciais analíticas para zoneamento de áreas de conservação hídrica.

As **áreas de preservação permanente** (APPs) estão em uma categoria criada legalmente pelo Código Florestal brasileiro e sua destinação é restrita a proteção ambiental, o que significa que são áreas que não podem ser ocupadas por atividades que alterem suas características e funções ambientais, como “*preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas*” (BRASIL, 2012). Assim, considerando a conservação hídrica, as APP são definidas pelas faixas marginais de cursos naturais permanentes de água, tanto na área urbana quanto rural, estabelecidas de acordo com a largura dos cursos de água, bem como pela faixa de entorno de lagos e lagoas, variando de acordo com a área do espelho de água.

Outra categoria analítica a ser considerada são as **áreas de recarga direta de água subterrânea**, relevantes para a manutenção da perenidade dos cursos de água. De modo geral, a recarga de aquíferos é definida como um processo no qual o fluxo de água infiltrado atinge um aquífero, constituindo um incremento ao reservatório de água subterrânea (DE VRIES, SIMMERS et al., 2002, citado por BARRETO, 2006). Embora a identificação com maior refinamento dessas áreas exijam alguns estudos hidrogeológicos, nesse trabalho foram consideradas como áreas de recarga direta aquelas favoráveis à infiltração das águas pluviais e à percolação da água infiltrada.

Outra categoria espacial altamente relevante para a conservação das águas envolve as **áreas úmidas**. Nesse estudo, foram consideradas como áreas úmidas todas as várzeas, brejos e outras áreas inundáveis que se mantêm úmidas a maior parte do ano. As várzeas são definidas como “*uma feição deposicional do vale do rio associada com um regime climático ou hidrológico particular da bacia de drenagem*” (ROCHA, 2011). Nestas áreas ocorrem processos físicos, químicos e bióticos de grande importância para as condições de qualidade e o regime hídrico. Do ponto

de vista socioambiental, as áreas úmidas atuam no amortecimento de inundações (zonas “tampão”) e na manutenção da qualidade das águas fluviais. Essas áreas também contribuem para manter o *modus vivendi* de comunidades tradicionais, que dependem, tanto material quanto culturalmente, desses ambientes para a sobrevivência.

A categoria denominada **área de contribuição de mananciais** é igualmente relevante para a proteção dos aspectos quantitativos e qualitativos das águas em bacias hidrográficas. Os mananciais “*são reservas hídricas ou fontes utilizadas para o abastecimento público de água*” (Sabesp, s/d). A partir da localização, no manancial, do ponto de captação de água superficial, foi delimitada a área de contribuição a montante, cujo manejo é relevante para a manutenção das condições de qualidade e de quantidade dessa água para essa finalidade específica.

Finalmente a categoria **área urbanizada** foi avaliada considerando o seu grau de adensamento, as características da destinação dos resíduos sólidos, do sistema de esgotamento sanitário e da drenagem urbana pluvial. É fato o baixo índice de saneamento básico nas cidades brasileiras, situação da qual não se furta as cidades e núcleos populacionais existentes na bacia hidrográfica do rio Veloso. Nas bacias mais urbanizadas, especialmente nos países em desenvolvimento, o uso urbano costuma ser o principal responsável pela poluição orgânica dos rios, devido ao lançamento constante de efluentes sanitários de residências e empresas, praticamente sem tratamento (VARGAS, 1999).

## 2.2 Mapeamento das categorias de análise

Adotou-se a análise espacial por sobreposição, associada à abordagem qualitativa de identificação visual e delimitação das feições, com uso de sensoriamento remoto e validação por controle de campo. Os seguintes planos de informação espacial foram utilizados:

**a)** rede hidrográfica na escala de 1:50.000, cuja fonte é a folha topográfica SF-23-X-A-II-2 do mapeamento sistemático nacional, digitalizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam);

**b)** pontos de captação de água para abastecimento, georreferenciados e outorgados<sup>1</sup>, obtidos junto ao Igam;

**c)** curvas de nível na escala de 1:50.000, cuja fonte é a folha topográfica SF-23-X-A-II-2 do mapeamento sistemático nacional, fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A base está disponível para download no sítio eletrônico do IBGE no endereço: < <http://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa16250>>;

**d)** modelo de elevação produzido a partir do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e

**e)** imagens orbitais do satélite Landsat 5, cujo acesso se dá por meio de 2

1. Referem-se às captações para abastecimento de água legalmente regularizadas, ou seja, outorgadas junto à esfera governamental estadual.

ferramentas web, (*Glovis* e *EarthExplorer*), após cadastro. As imagens foram acessadas pelos endereços <<http://glovis.usgs.gov/>> e <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Foram obtidas imagens da época de estiagem e da época chuvosa.

A partir da Resolução 303/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) (BRASIL, 2002), foram identificadas as **áreas de preservação permanente** (APP) hídrica – definida pela presença de nascente e curso de água – gerada a partir de um “*buffer*” aplicado no plano de informação da rede de drenagem, em conformidade com a legislação vigente. As APPs de topo de morro foram mapeadas a partir do modelo digital do terreno associado à interpretação das curvas de nível, de acordo com a definição legal em vigor.

Foram consideradas como **áreas de recarga direta de área subterrânea** todas aquelas identificadas pela declividade entre 0% e 3% com cobertura vegetal natural e pasto, bem como as áreas de afloramentos rochosos fissurados. Como lembra Rebouças (2002), as áreas planas são áreas de grande potencial de recarga. Desta forma, para obter esta informação foi usada uma base de declividade oriunda de uma interpolação de uma imagem SRTM e classificada de acordo com o Manual de Geomorfologia do IBGE (2009), onde é definida a declividade de 0% a 3% como plana.

A geração de **áreas úmidas** em um SIG pode ser feita com diferentes algoritmos. Entretanto, a qualidade do resultado depende mais da qualidade dos dados de entrada, que muitas vezes constitui um fator restritivo, do que do algoritmo escolhido. A utilização de determinadas faixas espectrais das imagens de satélite e observações em campo ajudaram no mapeamento das áreas úmidas. Foram realizadas comparações entre imagens obtidas em quatro diferentes épocas do ano, duas da época seca e duas da época chuvosa. Foram realçadas as bandas no infravermelho próximo, que destacam a água e áreas de solo úmido (ECKHARDT, 2008). Foram consideradas como áreas úmidas todas que se mantiveram assim na época chuvosa e em pelo menos uma época seca.

No caso das áreas inundáveis, foram utilizadas imagens reclassificadas da época chuvosa. Após a geração das superfícies, a definição das áreas inundáveis é feita através da reclassificação, que representa a divisão da superfície do terreno pela superfície da linha d’água (ANA, CPRM & IGAM, 2004). A literatura recomenda que o mapeamento de áreas inundáveis em áreas urbanas adote a equidistância das curvas de nível de pelo menos um metro para fins de planejamento territorial urbano (DIEDRICH, 2010). Considerando que a identificação de áreas inundáveis nesse estudo não se presta a essa finalidade, sendo aceitável uma menor precisão na sua delimitação, entende-se que a equidistância de 20 metros das curvas de nível do plano de informação obtido, associado aos pontos cotados e a rede de drenagem, atendam ao objetivo proposto por esse trabalho.

Em relação às **áreas de mananciais**, foram identificadas na bacia de estudo as captações de água destinadas ao abastecimento público e delimitadas suas

respectivas áreas de contribuição. Destaca-se que tal mapeamento foi realizado para os mananciais cujas captações encontram-se em rios de menor ordem, ou seja, rios de cabeceiras. Se tal critério fosse adotado sistematicamente em todas as captações, a proposta metodológica seria inviabilizada, no caso das captações em rios de grande porte e reservatórios, cujas áreas de contribuição são extensas. Cita-se como exemplo a própria bacia hidrográfica que foi adotada como área de teste para esse estudo. A bacia do rio Veloso deságua diretamente em um reservatório voltado ao abastecimento de água, constituindo assim área de manancial em sua integridade.

O mapeamento de **áreas urbanas** foi feito por sensoriamento remoto, com identificação visual em imagem orbital e verificação em campo. A extensão relativamente pequena da bacia facilitou essa abordagem. No entanto, para bacias hidrográficas de áreas maiores, é possível realizar a classificação semicontrolada a partir de imagem de satélite.

### 3 | A ÁREA DE ESTUDO

A fim de testar a proposta metodológica e avaliar seus pontos fortes e limitações, essa foi aplicada na bacia hidrográfica do rio Veloso, que abrange parte da área de contribuição do manancial do rio Manso, represa onde é captada a água para abastecimento de parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Foi realizado o mapeamento de uso e ocupação do terreno, por sensoriamento remoto (imagem de satélite), com aferição em campo

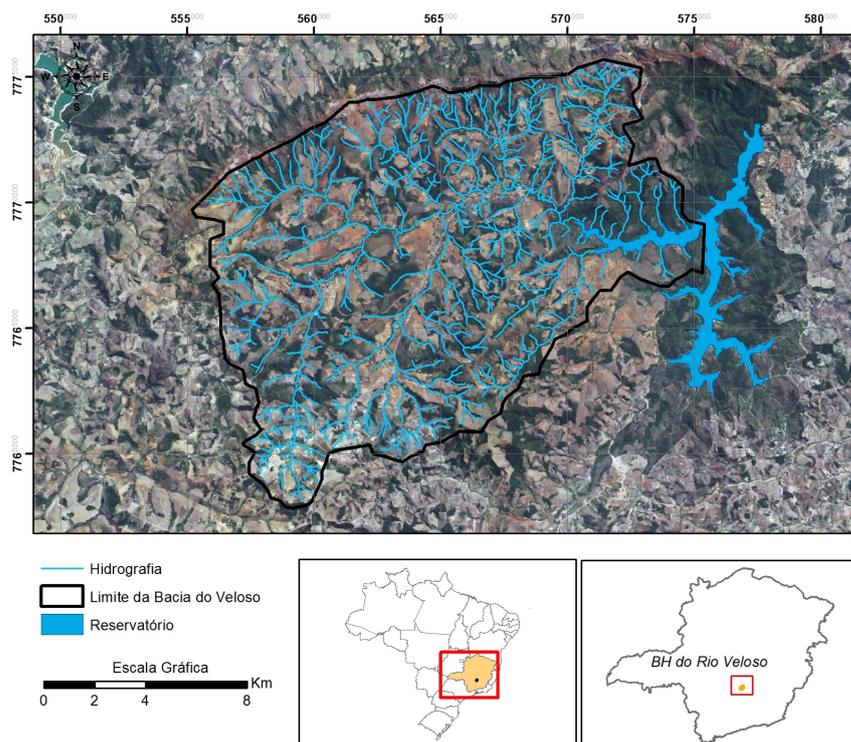


Figura 01: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Veloso.

A bacia hidrográfica do rio Veloso (figura 1), localizada no limite da RMBH, é uma sub-bacia do rio Manso, que por sua vez deságua em represa homônima, e é afluente do rio Paraopeba. A represa é destinada ao abastecimento público de água pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). A bacia abrange áreas dos municípios de Itatiaiuçu, Rio Manso e Brumadinho.



Figura 2: Área de agricultura no município de Itatiaiuçu.



Figura 3: Barragem de rejeitos da extração de minério de ferro

A partir das imagens de satélite (Landsat 5) e de observações de campo, foi possível perceber que o uso dos recursos hídricos nesta área é bastante diversificado: agricultura, mineração e usos urbanos. Grande parte da área é ocupada por cultivos agrícolas familiares (figura 2), os quais fazem uso direto dos cursos d'água que

estão localizados próximo às propriedades.

A mineração é outra atividade presente na área e que depende intensamente dos recursos hídricos para o seu funcionamento. Na figura 03 é retratada parte de barragem de rejeitos produzidos pela extração de minério de ferro na área. Por fim, tem-se a utilização dos recursos hídricos nas áreas urbanas. De acordo com Vargas (1999) Nas bacias mais urbanizadas, especialmente nos países em desenvolvimento, o uso urbano costuma ser o principal responsável pela poluição orgânica dos rios, devido ao lançamento constante de efluentes sanitários de residências e empresas, praticamente sem tratamento.

#### 4 | RESULTADOS, DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A partir da avaliação da similaridade das características das unidades espaciais analíticas, elas foram agrupadas em zonas. O mapa de zoneamento da bacia do Rio Veloso (figura 4) foi feito primordialmente a partir das categorias analíticas prioritárias para proteção dos recursos hídricos. Foram definidas as seguintes zonas:

**A) Zona de preservação permanente (ZPP)**, que abrange as áreas de entorno dos cursos de água e reservatório, equivalendo em parte às áreas legalmente definidas como áreas de preservação permanente (APP hídrica), bem como as áreas úmidas, que dependendo de seu contexto e contiguidade, também pode ser também incluída na zona de restrição de usos;

**B) Zona de restrição de usos (ZRU)**, envolvendo as áreas que contribuem para a recarga subterrânea, mapeadas como APP de topo de morro e afloramento, e também algumas áreas identificadas como áreas úmidas; e

**C) Zona de manejo de efluentes e contaminantes (ZEC)**, que equivale às áreas urbanas e de contaminação de mananciais.

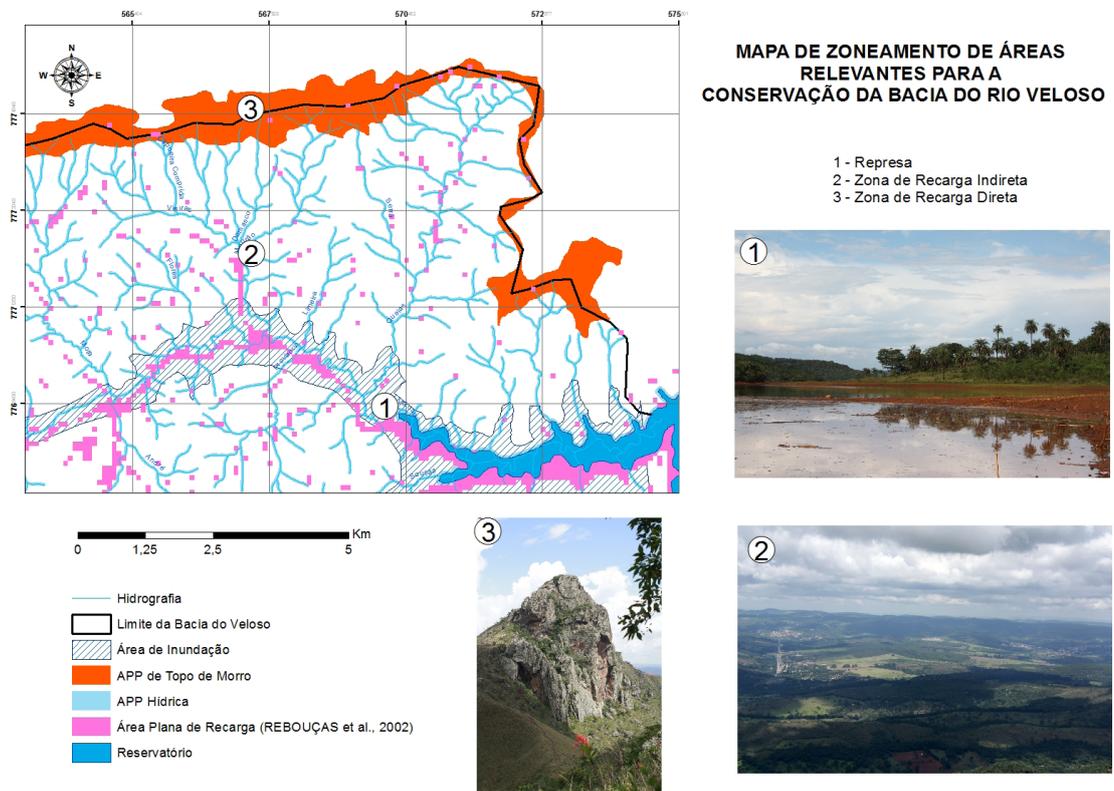


Figura 4: Zoneamento de áreas relevantes para a conservação da bacia do Rio Veloso

A escala de trabalho é um fator primordial para a efetividade da proposta. A finalidade do zoneamento vai ditar a escala de trabalho a ser adotada, pois essa deve ser definida de acordo com o tipo de planejamento, que vai demandar um maior ou menor detalhamento na representação esquemática das categorias analíticas, bem como sua variabilidade no tempo e no espaço.

A implementação do zoneamento deve envolver a tomada de decisão negociada com os agentes que atuam e residem na área. No caso de atividades já consolidadas e incompatíveis com as medidas e ações definidas no zoneamento, é importante adotar mecanismos formais como contrato de gestão e ajustamento de conduta, ou instrumentos econômicos como a compensação, quando couber, bem como o acompanhamento das medidas implantadas. O zoneamento para a proteção dos recursos hídricos, enquanto estratégia de políticas públicas, vem complementar e viabilizar o enquadramento dos cursos de água de acordo com os usos preponderantes, um dos instrumentos de gestão previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos. O trabalho mostra que técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento são ferramentas eficazes para a elaboração de instrumentos de manejo de bacias hidrográficas.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL; INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Definição da planície de inundação da cidade de Governador Valadares.** Relatório Técnico Final. Belo Horizonte, 2004. 129 p.
- BARRETO, C. E. A. G. **Balanço hídrico em zona de afloramento do sistema aquífero Guarani a partir do monitoramento hidrogeológico em bacia representativa.** 2006, 249 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 mai. 2002. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html> >
- 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] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm) >
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 mai. 2012. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm) >
- DIEDRICH et al. **Mapeamento e previsão das áreas urbanas inundáveis na cidade de Lajeado-RS – Brasil.** XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia, Aracaju, 2010, p. 1459-1465. Disponível em: < <http://www.smad.rs.gov.br/downloads/documentos/Eckhardt-Diedrich%20-%20Mapeam%20Prev%20Areas%20Inundaveis%20LAJEADO.pdf> >
- ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS.** 2008, 116 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia.** 2a edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>>.
- MATUS, O.; FAUSTINO, J.; JIMÉNEZ, F.. **Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica.** Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. Asdi; CATIE, 2009.
- REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C. et al. (orgs.) **Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação.** São Paulo: Escrituras, 2002. 2ª Ed. Revisada e ampliada.
- ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade dinâmica. In: **Caderno Prudentino de Geografia.** Presidente Prudente, n.33, v.1, p.50-67, jan./jul.2011. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/viewFile/1953/1846>>.
- SABESP. **Mananciais.** s/d. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=31>>.
- SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental:** teoria e prática. Oficina de Textos. São Paulo: 2004.

184 p.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos**: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 659 p.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão Integrada das águas urbanas**. REGA – Vol. 5, no. 2, p. 71-81, jul./dez. 2008.

VARGAS, M. C. **O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental**. Revista: Ambiente & Sociedade 1999.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**LUIS MIGUEL SCHIEBELBEIN** Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1997) e mestrado em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná (2006), Doutorado em Agronomia - Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas, pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2017). Atualmente é Professor dos Cursos de Agronomia, Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Superior Tecnológico em Radiologia e de Pós-Graduação em Agronegócio e Gestão Empresarial do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). É revisor da Revista de Ciências Agrárias - CESCAGE, Professor Colaborador do Curso de Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) . Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agricultura de Precisão, atuando principalmente nos seguintes temas: Agricultura de Precisão, Geoprocessamento, Modelagem e Ecofisiologia da Produção Agrícola, Agrometeorologia, Hidrologia, Mecanização, Aplicação em Taxa Variável, Fertilidade do Solo e Qualidade.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-024-7

